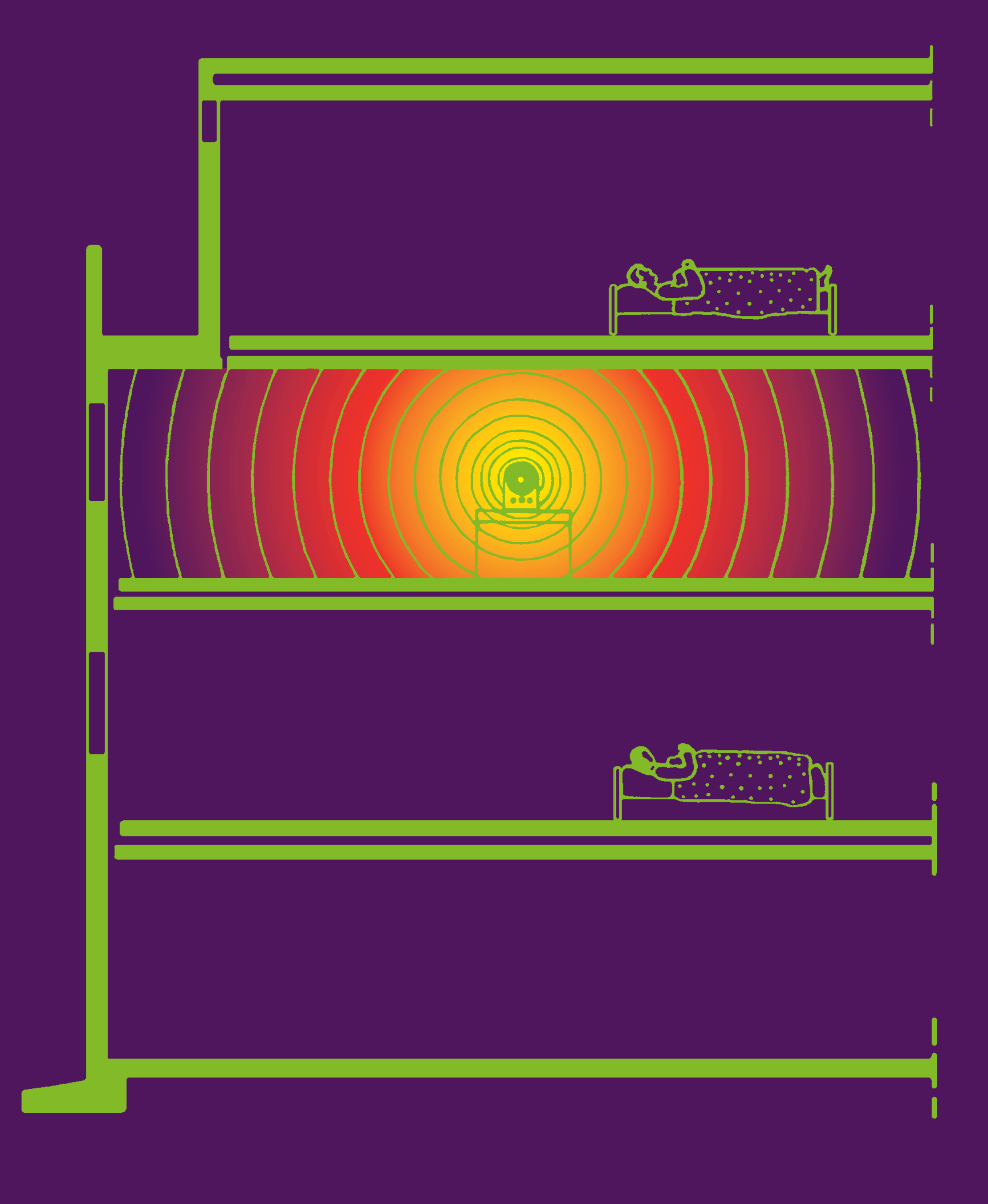
Sabine von Fischer

# Das akustische Argument

## Wissenschaft und Hörerfahrung in der Architektur des 20. Jahrhunderts



Reihe «Architektonisches Wissen»
herausgegeben vom Departement Architektur, ETH Zürich

# Das akustische Argument

Sabine von Fischer

# Das akustische Argument

## Wissenschaft und Hörerfahrung in der Architektur des 20. Jahrhunderts

gta Verlag

## Von Praktiken und Diskursen, Räume akustisch zu gestalten



## Objektivierung: Schall im Labor



## Regulierung: Der Lärm der anderen



## Isolierung: Nachbarschaft und Privatsphäre

## Übertragung: Akustik als Argument



## Erfahrung: Die Ästhetik der Töne



## Anhang

# Von Praktiken und Diskursen, Räume akustisch zu gestalten

«Was einmal gedacht wurde, kann nicht mehr zurückgenommen werden.» [1]

Dies liess Friedrich Dürrenmatt einen seiner Physiker in der geschlossenen Anstalt sagen. Und nicht nur die Atomphysiker, auch die Akustiker sollten «die Welt aus den Angeln heben».[2] So schallgedämmt und vibrationsisoliert ein akustisches Laboratorium sein mochte, das Expertenwissen von drinnen gelangte nach draussen und formte die alltägliche Praxis. Von den Prozessen solcher Übertragungen und Übersetzungen handelt dieses Buch.

Warum Akustik? Zuweilen hören die Ohren weiter, als die Augen sehen können. Auf der weiten See genauso wie in Berglandschaften spielen akustische Signale deshalb seit jeher eine wichtige Rolle. Mit der globalen Vernetzung von Daten überlagert heute ein Strom digital aufbereiteter Informationen die Wahrnehmung und verschränkt sich mit ihr. Die Globalisierung der Lebenszusammenhänge verändert die Informationen, mit denen wir uns in der Welt orientieren. Vielleicht liegt hier eine Erklärung, warum das Auditive nach einer Epoche der Bilderflut wieder an Bedeutung zu gewinnen scheint.

So schwirrte das Thema geradezu durch die Luft, als um die Jahrtausendwende in den Kreisen der Kultur- und Medienwissenschaften die Sound Studies zu einem eigenen, wenn auch genuin interdisziplinären Gebiet erklärt wurden.[3] Schon Alain Corbin untersuchte in *Les Cloches de la terre* 1994 die «paysage sonore» als physischen Landschaftsraum und als Sphäre zur Landschaftswahrnehmung, als Territorium und als Konstruktion der territorialen Identität.[4] Emily Thompsons dann 2002 erschienene *The Soundscape of Modernity. Architectural Acoustics and the Culture of Listening in America, 1900–1933* führte die Historiografie der Akustik und der Architektur nachhaltig zusammen – zumindest für die Vereinigten Staaten.[5] Die Publikationen zu diesem Themenfeld sind seither noch viel zahlreicher geworden, wie der Umfang der hier zitierten Literatur zeigt.

Die vorliegende Untersuchung versteht sich als Weiterführung dieser Recherchen, diesmal aus schweizerischer Perspektive, mit einem Interesse an den alltäglichen Anwendungen in der Architektur der 1920er und 1930er Jahre und deren Fortsetzung in die Nachkriegszeit. Das erste Kapitel beginnt mit dem Antritt des Leiters des Laboratoriums für angewandte Akustik Franz Max Osswald als Privatdozent an der ETH Zürich 1929, dem Jahr, in

dem auch die erste Ausgabe des *Journal of the Acoustical Society of America* erschien. Das letzte Kapitel endet 1969, als Michael Southworth in der ersten Ausgabe der Zeitschrift *Environment and Behaviour* eine «soundmap» seiner audiovisuellen Versuche draussen in der Stadt publizierte. Dazwischen liegen zahlreiche Rück- und Ausblicke in die Entwicklungen der Akustik als eigene akademische Disziplin und als in der Gestaltung von Architektur und Stadt prägende Bedingung.

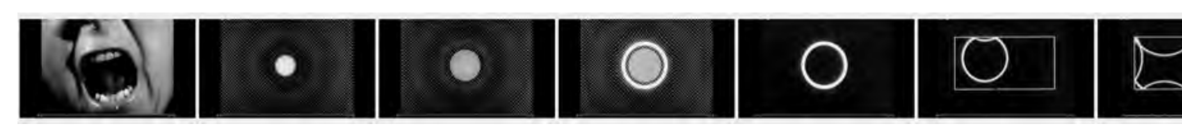
Ich hätte dieses Buch auch über ein Spracherkennungsprogramm diktieren können, ganz ohne das Klicken meiner Tastatur in der vermeintlichen Stille meines Büros inmitten einer Stadt voller Baumaschinen, Glocken, Vögel, Menschenstimmen, Automobile und Telefone. Dieses Klicken war die Geräuschkulisse in meinem Schreiblabor, bisweilen unterbrochen von Tests mit einem Hammerwerk, bevor dieses im September 2009 bei der Ausstellung «Corps Sonore» in Lausanne oder im Januar 2015 an der ETH Zürich auf der Konferenz «Architecture/Machine» hämmerte.[6] Entstanden ist nicht ein weiteres Buch über Musiksäle, sondern eine Geschichte, welche die wissenschaftliche Forschung in den akustischen Laboratorien und den alltäglichen Umgang mit den Tönen, Klängen und Geräuschen der Architektur des Wohnens und Arbeitens oder auch des Gehens in der Stadt zu verweben sucht.

Die Akustik ist ein Randgebiet der Architektur und wurde in der bisherigen historischen Praxis, wie das Beispiel des eben erwähnten Hammerwerks zeigt, selten für diskurswürdig erachtet. Die archivierten Dokumente, die in diesem Buch erwähnt werden, ruhten als Marginalien in den Korpora einiger Flaggschiffe der Architekturgeschichte – deren Kapitäne die bewährte Technik der akustischen Orientierung auf hoher See vergessen zu haben schienen.

*Das akustische Argument* ist eine Architekturgeschichte, die auch Wissenschafts-, Kunst-, Umwelt-, Städtebau-, Technik-, Sozial-, Kultur- und Mediengeschichte ist. Viele der Materialien, die ich für das SNF-Forschungsprojekt «Architektur der Alltagsakustik» an der ETH Zürich und die daraus resultierende Dissertation *Hellhörige Häuser. Akustik als Funktion der Architektur, 1920–1970* zusammengetragen habe, hatten (und haben) keine Archivsignaturen.[7] Im Rahmen des Post-Doc-Projekts «A Visual Imprint of Moving Air» am Max Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte in Berlin war es möglich, ein kleines Korpus von Dokumenten zu digitalisieren und ins ETH Bildarchiv einzugliedern.[8] Die Verleihung des Founders' Award für den daraus resultierenden Aufsatz über Schallfotografie in Architekturmodellen durch die amerikanische Society of Architectural Historians im April 2018,

kurz vor Fertigstellung dieses Buches, ist in diesem Zusammenhang auch als Anerkennung eines bisher nur beiläufig wahrgenommenen Teils der Architekturgeschichte zu verstehen – eben der Akustik.[9]

## Von alltäglichem Wohnungsbau bis zum High-Tech-Auditorium



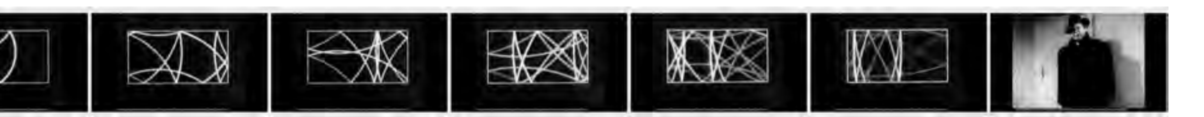
**0.01 Schalldruckwellen im Raum, visualisiert und animiert im Lehrfilm *Schallschutz im Wohnungsbau* des deutschen Bundesministeriums für Wohnungsbau, nach einem Drehbuch von Lothar Cremer und mit Gert Fröbe in der Hauptrolle, 1954.**

*Das akustische Argument* ist auch eine Alltagsgeschichte – und dies sowohl mit Blick auf die Wissenschaften als auch in der Wahrnehmung durch eine breitere Öffentlichkeit.[10] Ingenieure schleppten schwere Schallmessgeräte auf Baustellen und in bewohnte Häuser. Architekten wunderten sich über das «Mysterium» der Akustik. Mieter beklagten sich über die dünnen Wände, die ihre Wohnungen so hellhörig und ihren Schlaf so anfällig für Nachbarschaftsgeräusche machten.

Genau zu diesem Thema, der alltäglichen Akustik, veröffentlichte das deutsche Bundesministerium für Wohnungsbau 1954 einen fünfzehnminütigen Lehrfilm mit dem nüchtern gehaltenen Titel *Schallschutz im Wohnungsbau*, der Architekten, aber auch interessierten Laien den Zusammenhang zwischen Schallisolierung und Wohnqualität und schliesslich zum Ende des Films hin auch die neuesten DIN-Normen zur Akustik im Haus- und Wohnungsbau näherbringen sollte. Zu Beginn öffnet sich die Tür zu einem Zimmer in einem neu erstellten Mietshaus. Der Mieter, gespielt von dem in Deutschland schon damals populären Schauspieler Gert Fröbe, tritt in das unmöblierte Zimmer und jubelt: «Das ist mein Zimmer! Das ist meine Welt!», um dann enttäuscht festzustellen: «Das ist aber sehr hallig hier.» Eine fachkundige Stimme aus dem Off erklärt: «Ja, Herr Fröbe, solche harten und dichten Wände reflektieren eben.»[11]

In der nächsten Szene wird Fröbes Mund als Kreis in einem Muster von Luftmolekülen animiert, die vibrieren und wellenförmig zu schwingen beginnen. Dann breiten sie sich als Schallwellen im Raum aus, werden an den Wänden reflektiert und verhallen, was grafisch durch das Verschwinden der Linien repräsentiert wird (Abb. 0.01). Zwischen dem von Fröbe dargestellten Mieter, der sich nach der Baukonstruktion und der Raumakustik erkundigt, und der fachmännischen Stimme aus dem Off entwickelt sich ein lehrreicher

Dialog, an dessen Ende Fröbe sich einiges Fachwissen angeeignet hat – und, so dürfte man im Bauministerium gehofft haben, mit ihm auch die Zuschauerinnen und Zuschauer. (Polster-)Möbel, so die Stimme aus dem Off, würden den Wohnraum schallärmer machen. Nur im unmöblierten Eingang und Flur seien schallschluckende Materialien wie Faserstoffplatten oder



Weichfasermatten nötig. Gratwandernd zwischen Publikumszugänglichkeit und Fachinformation zeigt eine andere Szene Fröbe, der sich zur Einweihung seiner gemütlichen Stube einen Drink genehmigt und durch den Sportbericht aus dem Fernsehgerät des Nachbarn gestört wird. Weiterhin unermüdlich antwortet der unsichtbare Experte auf Fröbes Fragen. «Aber die Wand soll doch so gut sein wie eine 38 Zentimeter starke Ziegelwand!», empört sich der schon durchaus fachkundig gewordene Mieter, woraufhin ihm der Sprecher entgegnet: «Hinsichtlich des Wärmeschutzes dürfte das auch richtig sein, aber ...», und nun nicht mehr nur physikalische, sondern auch Kenntnisse in Sachen Baunormung vermittelt.

In bestmöglicher Unterhaltsamkeit werden im Film Schluckung und Dämmung erklärt und mehrschichtige Wand- und Bodenkonstruktionen wie Doppelwände auf versetzten Unterkonstruktionen, der schwimmende Estrich oder eine biegeweiche Deckenunterkonstruktion empfohlen. Fröbe ist «ganz Ohr» und kommentiert regelmässig die aus den dargestellten fachlichen Massnahmen resultierende Wohnqualität.

Das in 100 Kopien hergestellte Auftragswerk des Wohnungsbauministeriums berührt mehrere für die Architektur relevante Themen der Akustik: die Anwendung wissenschaftlicher Erklärungsmodelle zu Schalldruckwellen und Schallenergie, den Schallschutz als Garant für Privatsphäre, technische Massnahmen, wie der Schall zu kontrollieren sei, und eben die Umsetzung des Expertenwissens in der alltäglichen Baupraxis, wie sie neu in DIN-Normen geregelt wurde. Drehbuchautor wie Darsteller von *Schallschutz im Wohnungsbau* wurden zehn Jahre später weltberühmt: der eine, Lothar Cremer, als Akustiker der von Hans Scharoun entworfenen Philharmonie im Berliner Kulturforum, Gert Fröbe in der Rolle des Schurken Auric Goldfinger in dem gleichnamigen James-Bond-Film.

Das räumliche Konzept von Scharouns Philharmonie mit der «Musik im Zentrum», den rund um die Bühne angeordneten, stufenförmig ansteigenden

Zuschauerterrassen, formte dabei eine akustische Landschaft, deren Gestaltung genauso auf Erfahrung wie auf Berechnung beruhte. Und dass zeitgenössische Adaptionen dieses Raumkonzepts, wie beispielsweise bei der Hamburger Elbphilharmonie nach dem Entwurf von Herzog & de Meuron, mit High-Tech-Massnahmen berechnet und optimiert wurden, deutet vielleicht weniger darauf hin, dass der Glaube an die totale Berechenbarkeit sich durchgesetzt hätte, als vielmehr auf eine manchmal kaum durchschaubare Verflechtung von Technik und Erfahrungsschatz. Wovon in diesem Buch noch oft die Rede sein wird: Beide, die physikalischen Expertisen und die aus persönlicher Erfahrung gewachsenen Überzeugungen, wirken auf die akustischen Gestaltungen in der Architektur des 20. Jahrhunderts, und zwar hinsichtlich der gesamten Bandbreite der Aufgabenstellungen, vom alltäglichen Wohnungsbau bis zur Konzertsaalakustik.

Einer der wichtigen Protagonisten dieses Buchs, der erste an einer Schweizer Hochschule forschende und lehrende Akustiker Franz Max Osswald, nannte die akustische Disziplin bei seiner Antrittsrede als Privatdozent an der ETH Zürich im Juni 1929 «ein *Grenzgebiet* zwischen Physik und Physiologie, am Rande der Geheimnisse der Lebensempfindungen», und setzte dann hinzu: «Wir dürfen nicht hoffen, jemals alles exakt analisieren und mechanisieren zu können».[12]

Mit grosser Leidenschaft und bescheidenen Mitteln baute Osswald sein Laboratorium für angewandte Akustik im Untergeschoss des Hauptgebäudes der ETH Zürich aus. Nach seinem Tod 1944 begann sich die Spur der Akustik an der ETH jedoch zu verlaufen. Zwar übernahm der drei Jahre zuvor mit einer Untersuchung zur Radioakustik habilitierte Elektroingenieur Willi Furrer die Vorlesungen für die Architekten und Elektrotechniker und wurde 1949 vom Schulrat der ETH Zürich zum Titularprofessor ernannt. Die Vorstösse allerdings, eine volle Professur für Akustik einzurichten, blieben erfolglos. 1958 wechselte Furrer hauptberuflich in die Privatindustrie. So wird die Akustik an der ETH bis heute von Dozierenden verschiedener anderer Institutionen, vor allem der 1961 gegründeten Abteilung für Akustik und Lärmbekämpfung der Eidgenössischen Materialprüfungsanstalt (Empa), unterrichtet.[13]

## Das Ohr als Messinstrument und als Organ der Wahrnehmung

Als Gründungsmoment der modernen Raumakustik gilt gemeinhin die um 1900 von dem amerikanischen Physiker Wallace Clement Sabine erstellte mathematische Formel für die Berechnung der Nachhalldauer. Der junge Harvard-Professor war vom Präsidenten der Universität beauftragt worden,

das Problem der akustischen Unverständlichkeit der Vorträge in einem gerade erst fertiggestellten halbrunden Auditorium zu untersuchen, und entdeckte, dass es weniger Hall gab, wenn er zusätzliche Sitzkissen im Raum auslegte. Mit zunehmender absorbierender Oberfläche oder kleinerem Volumen sinkt die Nachhallzeit – und Sprachvorträge sind besser zu verstehen: So lässt sich die Erkenntnis in knapper Form zusammenfassen. Das Wissen darum, dass Materialien wie Filz und andere weiche Stoffe (oder eben wie ein halbes Jahrhundert später in dem Lehrfilm *Schallschutz im Wohnungsbau*: Polstermöbel) Schallenergie absorbieren, machte die Raumakustik berechenbar und reihte ihre Methoden in jene der modernen Naturwissenschaften ein. Dank Geometrie, Statistik und Wellentheorie war die Akustik in der Architektur bald nicht mehr eine Sache des Zufalls, sondern lag nun in der Domäne einer immer umfassenderen Expertenkultur.[14]

Ab den 1920er Jahren fand dann in mehrfacher Hinsicht eine Disziplinierung der Akustik statt. Weltweit wurden Institute für Raum- und Bauakustik eingerichtet; und mit der Gründung der Acoustical Society of America und deren Journal im Jahr 1929 formierte sich die Akustik schliesslich als akademische Disziplin. Architekten und Ingenieure bemühten sich, den Schall zu verstärken, zu dämpfen oder zu isolieren. Im Extremfall wurden Innenräume zu halligen Kammern oder zu stillen Kapseln, wie die Echokammern und reflexionsfreien Laboratorien der modernen akustischen Forschungsinstitute.[15]

Das Ziel, den Schall zu kontrollieren, wurde mit einer Fülle von Objektivierungstechniken verfolgt.[16] Dabei ging es bis 1930 vor allem darum, die individuelle Wahrnehmung aus dem Messvorgang auszuschliessen. Das war vor der Einführung automatischer Steuerungen indes kaum möglich. Der die Nachhallzeit messende Physiker beispielsweise musste von Hand eine Schaltung bedienen und setzte sich hierfür jeweils in eine Box, aus der nur sein Kopf mit den lauschenden Ohren herausragte, damit der Rest seines Körpers die Messung nicht beeinflusse (Abb. 0.02). Ausserhalb der Labormauern wurde der Stadt- und Verkehrslärm für Messungen mit blossem Ohr mit einem Standardton verglichen, um dann auf diese Weise zu beurteilen, wann die Umgebung gleich laut sei. So unterlag die Bestimmung der Nachhallzeit und der Schalldruckpegel über weite Strecken dem menschlichen Wahrnehmungsapparat.

Der Erleichterung, dass die subjektive Empfindung nach 1930 nicht mehr Teil des Messvorgangs sein musste, war allerdings begleitet von der Einsicht, dass letztlich nicht die physikalisch gemessenen, sondern die hörend wahrgenommenen Töne die Referenz für die Gestaltung der Umwelt bilden. Die



**0.02** Das Gehör des Akustikers war bis 1930 wesentlicher Bestandteil der Versuchsanordnung – nicht aber sein Körper, der vom Hals an abwärts in einer Box isoliert wurde. Vivian L. Chrisler als «Mann in der Kiste» im Messraum des National Bureau of Standards, Washington, D.C., um 1930.

mit viel Mühen aus den akustischen Versuchen ausgeschlossenen Hörorgane wurden folglich wieder ins Spiel gebracht, innerhalb der Laboratorien insbesondere zur Vermessung des räumlichen Hörens. Dafür wurden ab den 1960er Jahren verschiedenenorts Lautsprecherkuppeln in Laboratorien installiert (Abb. 0.03). Mit Hilfe solcher Anordnungen war es sogar teilweise möglich, die physikalischen und die physiologischen Stränge der akustischen Disziplin miteinander zu verknüpfen.

Aus den 1920er Jahren, also noch vor der breiten Einführung elektroakustischer Schallverstärker, stammt zugleich die Forderung, ein Auditorium müsse wie ein «einziges Hörrohr» gestaltet sein.[17] Sigfried Giedion, der dies 1927 gleich wiederholt postulierte, erhob die Akustik zur ersten von insgesamt vier zentralen Funktionen des zu dieser Zeit für den Völkerbund geplanten Gebäudekomplexes in Genf. Als Sprachrohr der architektonischen Moderne kritisierte er resolut, dass es nicht um eine feierliche Monumentalität gehen dürfe, sondern, im Gegenteil, eine Reduzierung der Volumina dringend geboten sei, damit eine (Völker-)Verständigung erreicht werden könne.[18]



0.03 Die räumliche Klangwahrnehmung im Test in der Lautsprecher-Hemisphäre: Klangkuppel von Mendel Kleiner im anechoischen Laboratorium der Chalmers-Universität in Göteborg, um 1974.

Giedion berief sich dabei wiederum auf die Fachkenntnisse von Franz Max Osswald, der in seinen bald darauf ins Lehrprogramm der ETH aufgenommenen Vorlesungen die Schallphänomene in der Akustik in «negative akustik: lärmbekämpfung» und «positive akustik: schallförderung» unterteilte.[19] Die «positive» Akustik beabsichtigte Osswald mit den Dimensionen und Materialien des Raumes zu kontrollieren, unter Anwendung der Formel zur Berechnung der Nachhallzeit und anderer Methoden. Der elektroakustischen Verstärkung der Reden im projektierten Versammlungssaal des Völkerbunds durch Lautsprecher stand Osswald nicht zuletzt wegen der damit verbundenen Klangverzerrungen skeptisch gegenüber, was dem ansonsten technikfreundlichen Sigfried Giedion in seiner Polemik um die Zweckmässigkeit der modernen Architektur gelegen kam. Die heftig geführten Debatten um den Völkerbundwettbewerb in Genf zeigen anschaulich, wie die Akustik in der Architektur oft erst an andere Anliegen gekoppelt zum Argument wurde: Man denke an die funktional-akustischen Begründungen für die aufwendigen Reliefs im Innenraum der Hamburger

Elbphilharmonie, die dem Raum heute seine besonders edle Präsenz verleihen.[20]

### Lärmberge aus Lautsprechern und Stadtklang im Soundwalk

Wie die Akustemologie genannte Epistemologie des Akustischen in ihrer methodischen Anlage vorausschickt, ist die Erfahrung des Ortes eine multisensorische Angelegenheit mit komplexen auditiven und visuellen Wechselwirkungen.[21] Diesem Ansatz folgt auch dieses Buch, das den visuellen Traditionen der Architekturgeschichte hiermit eine akustische hinzufügt.

Anders als in den Debatten um die Sprachverständlichkeit im Versammlungssaal des Völkerbunds wurde der Einsatz von Lautsprechern in der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg auch in Architektur und Stadtplanung zunehmend üblich. Die Töne waren nun nicht mehr nur eine Frage von Baumaterialien, Geometrie und Volumina, sondern auch umfangreicher (Elektro-)Techniken, mit denen sich der Schall kontrollieren und lenken liess. So galt es 1946 zum Beispiel im Rahmen des Wettbewerbs für den New Yorker Hauptsitz der Vereinten Nationen, der Nachfolgeorganisation des Völkerbunds, als ganz unstrittig, dass Lautsprecher installiert werden sollten; einzig deren Sichtbarkeit sorgte für Diskussionsstoff, wobei sowohl die Position der Lautsprecher wie überhaupt der Status der elektroakustischen Verstärkung zur Sprache kam.[22]

Die elektroakustischen Techniken der Nachkriegszeit sollten nicht nur den Schall verstärken und in immer grösseren Sälen verteilen. Mit ihnen war es auch möglich, akustische Klangerlebnisse zu simulieren, sei es die Grösse einer Bahnhofshalle oder die Enge einer venezianischen Gasse. Lautsprecher erlebten Hochkonjunkturen im Rahmen von Weltausstellungen, so 1958 in Brüssel in der audiovisuellen Hochleistungsperformance im Philips-Pavillon, für deren Innenraum Le Corbusier «Geräuschmassen, Lärmberge oder Tonsümpfe» vorsah, um so den Besuchern «psycho-physiologische Eindrü[c]ke [zu] vermitteln». Als Ausgangspunkt für diese frühe Multimediashow der Firma Philips nannte Le Corbusier allerdings weniger die technischen Möglichkeiten (die bei der Realisierung sicherlich voll ausgeschöpft wurden) als seine persönliche Erfahrung von Lichtspielen und Klangkaskaden in der Stadtlandschaft, beispielsweise wenn er mit seinem Hund im Bois de Boulogne spazieren ging.[23]

Eine solche Lautsphäre, als klangliche Umwelt und Geräuschkulisse, beschäftigte die Architekten auch ausserhalb des Laboratoriums. Auf die Gestaltuntersuchungen zum visuellen «cityscape» folgten solche zum audi-

tiven «soundscape». Der Stadtplaner Michael Southworth machte dies 1965 zum Thema seiner Masterarbeit am Massachusetts Institute of Technology (MIT). Seine Daten hierfür erhob er hauptsächlich auf Spaziergängen, bei welchen ein Teil der Testpersonen mit einem Kopfverband um die Ohren durch Boston ging und somit nur sehen konnte, während ein anderer Teil der Probanden im Gegenzug mit verbundenen Augen auf Rollstühlen durch die Stadt geschoben wurde, damit sich diese Personen ganz auf das Hören konzentrieren konnten.[24]

Als der Schlagzeuger und Performer Max Neuhaus im Jahr darauf eine Gruppe von Personen auf einen Hörspaziergang durch Manhattan führte, stempelte er ihnen das Wort «LISTEN» auf die Hand. Diese Aufforderung zur Achtsamkeit gleichsam für das lauttönend Prominente und für das scheinbar Unwichtige lässt sich von der Musikperformance, um den Kreis hier zu schliessen, auch auf die Architekturgeschichtsschreibung übertragen: Innerhalb der grossen politischen, sozialen, technischen und ästhetischen Fragenkomplexe sind es oft die Nebentöne, durch welche sich neues Wissen erschliessen lässt.

Die unbeabsichtigten und ungewollten Geräusche, die allgemein unter «Lärm» subsumiert werden, haben angesichts aktueller Problemstellungen besondere Relevanz – stehen doch im Zusammenhang mit dem neuen schweizerischen Raumplanungsgesetz und der darin geforderten Verdichtung der Siedlungslandschaften auch akustische Fragen im Fokus der Stadtplanung. Auf immer dichter besiedeltem Raum findet ein immer breiteres Spektrum an Aktivitäten statt, tagsüber genauso wie nachts. Architektinnen und Architekten wiederum entwerfen nicht die Töne der Häuser und Städte, sondern nur «Gefässe», in denen diese sich entfalten. Dies mag einer der Gründe sein, warum sich zum Beispiel Tadao Andō, Louis Kahn, Hilde Weström und Peter Zumthor mehr zu den Themen Stille und Ruhe als zum Schall an sich geäussert haben.

## Akustik als Argument

Die Akustik diente – und das nicht allein bei den Diskussionen um den Völkerbundsaal, sondern in der Architektur des 20. Jahrhunderts generell – immer wieder als Argument für oder gegen irgendein Anliegen, wie in diesem Buch aufgezeigt werden wird. Ausgehend von Franz Max Osswalds Laboratorium für angewandte Akustik und der Weiterführung seiner Lehre durch Willi Furrer zeichnet es die akustischen Forschungen an der ETH Zürich und die von dort aus verfolgten Entwicklungen im europäischen Raum und in den Vereinigten Staaten zwischen 1920 und 1970 nach. Allerdings

wäre bereits in diesem eingegrenzten Gebiet noch Material für ein Dutzend weiterer Bücher zu finden, ganz zu schweigen von den Entwicklungen in Asien und auf der Südhalbkugel. Hier darf man noch auf einigen Lärm – im alten, positiven Sinn von Aufruhr – zu akustischen Argumentationen in der Architekturgeschichte hoffen.

Die Wahl des Titels sollte allerdings kommentiert werden. Besonders nachdrücklich wurde die Akustik in den Debatten um Zweckmässigkeit und Zweckgebundenheit – also um die Funktion – in der Zwischenkriegszeit als Argument herangezogen. Eben jene Festschreibungen in der Architektur also, die in den Boomjahren nach dem Zweiten Weltkrieg als «Funktionalismus» kritisiert wurden. Einer der heftigsten Kritiker der rigiden Bürokratie war dabei zugleich ein Verteidiger der Funktion im ursprünglichen Sinn: Dem Architekturhistoriker Julius Posener zufolge sollte die Funktion vor allem in Bezug auf eine Alltags- und Gebrauchstauglichkeit der Architektur weisend sein, wie er 1975 in seinem Aufsatz «Kritik der Kritik des Funktionalismus» vorschlug. Darin verteidigte er den Grundgedanken eines in der Funktion verankerten Entwurfs, der auch den Alltagspraktiken angemessen ist und in dem die Funktion das formale Gebilde des Entwurfs nicht einengt, sondern ihm durch die Nutzung eine zeitliche Dimension gibt.[25]

Posener präsentierte hier einen Ansatz, wie die Intention des architektonischen Entwerfens von der Funktion unterstützt werden könnte. Damit widersprach er der Gleichsetzung von funktionaler Architektur und rigidem, deterministischem Entwurfsprozess, wie sie Alan Colquhoun 1967 in «Typology and Design Method» vornahm.[26] Vielmehr wiederholte Posener, wovor auch Theodor W. Adorno gewarnt hatte: «daß die Frage des Funktionalismus nicht zusammenfällt mit der nach der praktischen Funktion».[27] Diesem Gedanken folgend soll auch in der vorliegenden Studie Zweckmässigkeit – im Sinne einer alltagstauglichen Ästhetik – das Thema sein, gleichermassen im gewöhnlichen Wohnungsbau oder in Leistungsschauen von Wohn- und Weltausstellungen. Unter den hier versammelten Beispielen gibt es verschiedene Episoden der Architekturgeschichte, auf die sich bisher weder Augen noch Ohren gerichtet hatten. Eine solche episodisch komponierte Geschichte entwickelt sich dann entlang der «praktischen Funktion» – als Alltagstauglichkeit ohne Scheuklappen oder Ohrstöpsel.

Im Denken der Gegenwart steht Bruno Latour dafür ein, dass die Kritik, wenn sie einen Einfluss haben will, die Verbindung zwischen den reinen «Fakten» und den «Dingen von Belang» immer wieder neu herstellen solle.[28] Angelehnt an die Überlegungen von Adorno und Posener und in Referenz auf Bruno Latours Plädoyer für eine offene und wirkungsfähige Kritik soll in

diesem Band die Akustik als Argument der Architektur in ihren Bedingungen, Herleitungen, Anwendungen und Darstellungen analysiert und – in gewisser Weise – hörbar gemacht werden.

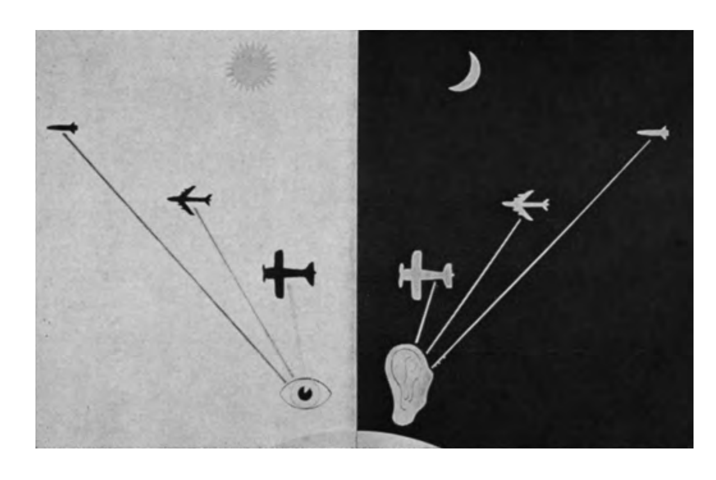
In den fünf Kapiteln «Objektivierung», «Regulierung», «Isolierung», «Übertragung» und «Erfahrung» werden verschiedene Entwicklungen in der Bau- und Raumakustik in einer jeweils diachronen Betrachtung nachverfolgt. Daraus ergibt sich keine chronologische Entwicklungsgeschichte, sondern eher eine narrative Kulisse, die jeweils ein Konzept in den Vordergrund rückt. Im ersten Kapitel zur Objektivierung wird die Disziplinierung der Akustik als den Regeln objektivierter Methoden unterstellte moderne Wissenschaft und als akademisches Fach mit eigenen Organen und Institutionen nachgezeichnet. Im Anschluss wird im zweiten Kapitel zur Regulierung aufgezeigt, wie die zunehmende Standardisierung und Bürokratisierung auch die akustische Praxis prägten. Der Isolierung der Häuser als Folge der technischen Fortschritte in den Laboratorien einerseits und eines zunehmenden Anspruchs auf Privatsphäre in verdichteten Städten andererseits ist das dritte Kapitel gewidmet. Im Fokus des vierten Kapitels steht die Übertragung der Töne: als direkter Schallstrahl von Sprechern zu Zuhörern, zuweilen verknüpft mit dem Anspruch einer weltweiten Völkerverständigung wie im internationalen Architekturwettbewerb für den Völkerbund, oder als Radiowelle in weltweiten Netzen, die intime Wohnwelten wie das House of the Future von Alison und Peter Smithson mit der Aussenwelt verbanden. Das fünfte und letzte Kapitel zur Erfahrung zeichnet schliesslich nach, wie die eigene Wahrnehmung über das gesamte 20. Jahrhundert hinweg ein ständiger und enger, wenn auch nicht immer konfliktfreier Begleiter der Wissenschaft war.

## Eine Vorbemerkung zum Sprachgebrauch

Die tönende, schallende, beschallte und hörend wahrgenommene Umwelt zu beschreiben, ist die Herausforderung dieser Arbeit. In der Fachsprache wird zwischen dem physikalisch definierten «akustischen Raum» und dem physiologisch wahrgenommenen «auditiven Raum» unterschieden. Die Verwendung von «auditiv» beschränkt sich dabei allerdings auf eine kleine Auswahl der Fachliteratur. Im allgemeinen Sprachgebrauch wird beides, das Physikalische und das Physiologische, unter dem Begriff «akustisch» zusammengefasst.

Die hier angewandte, im Deutschen nicht unübliche Zusammenlegung der Begriffe kommt dem Grundgedanken der vorliegenden Studie entgegen, dass sich die Kategorien «akustischer Raum» und «auditiver Raum» selten getrennt voneinander betrachten lassen. Deshalb wird auch hier vom akustischen Raum gesprochen, ungeachtet dessen, ob damit der objektivierte, technisch-physikalische oder der sinnlich erfahrbare Raum gemeint ist. Weiter gibt es auch Phänomene des Schalls und des Hörens, die ausserhalb des menschlichen Hörbereichs liegen und deshalb nicht über das Gehör rezipiert beziehungsweise ausgewertet werden, aber trotzdem ins Gebiet der Akustik gehören. Die Telekommunikation beispielsweise konfiguriert Räume, auch wenn wir nichts hören. Manchmal hören wir einfach nichts, weil es Ruhe gibt – und auch diese ist akustisch beschreibbar.

Für die akustische Umwelt, um die es im Folgenden gehen wird, gibt es viele Termini. Richard Buckminster Fuller, der bezüglich seiner regen Vortragstätigkeit und Medienpräsenz sogar Le Corbusier übertraf, verwies 1964 in einem Vortrag nicht weniger als drei Mal auf die Soundscape. «The Music of the New Life», so der Titel des Vortrags, wurde 1966 erstmals veröffentlicht und diskutierte in einem späteren Abschnitt auch



0.04 Ungleichzeitige Wahrnehmung von Schall (ca. 343,2 m/s) und Licht (ca. 300 000 km/s), aus Richard Buckminster Fullers «The Music of the New Life», 1966.

den Unterschied von Schall- und Lichtgeschwindigkeit (Abb. 0.04).[29] 1969 wurde der Aufsatz im Rahmen der Fuller-Anthologie *Utopia or Oblivion* bereits im Erscheinungsjahr mindestens sechs Mal aufgelegt.[30] Spätestens ab diesem Jahr war Soundscape – ein Terminus, der ja auch schon in früheren Jahrzehnten in Texten aufgetaucht war – ein Modebegriff geworden.[31] Für die Architekturgeschichte zählen letztlich jedoch insbesondere Michael Southworths zur gleichen Zeit unternommene Forschungen zu den Initialzündungen des Soundscape-Diskurses und der Praxis des «soundwalks», wie im fünften Kapitel gezeigt wird.[32]

In allen hier besprochenen Disziplinen wirkten in den 1960er Jahren die Schriften von Marshall McLuhan. In den musikalischen Wissenschaften war es der kanadische Musikpädagoge und Komponist R. Murray Schafer, der bei McLuhan Vorlesungen besucht und dessen Bücher intensiv studiert hatte (Abb. 0.05).[33] Als Schafer ihm sein Buchmanuskript *The Tuning of the World* zusandte, schrieb McLuhan am 16. Dezember 1974 an Schafer: «Acoustic space cannot be divided or connected, and it is certainly not static but dynamic.»[34]

In der ersten deutschen Übersetzung von Schafers Buch war 1988 noch von der «Lautsphäre» die Rede, in der 2010 auf den Markt gekommenen Neuübersetzung hiess es dann auch hierzulande Soundscape.[35] Der angelsächsische Terminus wurde also quasi in die deutsche (Wissenschafts-) Sprache eingemeindet. Trotzdem wird in dieser Studie «Lautsphäre» der verwendete Terminus sein, kommt er doch dem Vorhaben, die akustische Umwelt räumlich zu beschreiben, am nächsten. Die «Lautsphäre» spiegelt zugleich das Konzept der Lebenswelt als Sphäre, die uns – als akustische Atmosphäre – umhüllt, wie auch die zentrale Funktion der Akustik als Kommunikation wider.



**0.05 Die Bildmontage *Shifting with prisms* von George Morris Jr. als Auftakt zu Marshall McLuhans *Explorations* von 1967 mit dem Motto «Verbi–Voco–Visual».**

Nicht unterschlagen werden soll Peter Sloterdijks Wortkreation der «Sonosphäre», die – in unausgesprochener Anlehnung an Heideggers Wortkette von Gehorchen, Hören, Gehören – explizit an McLuhan angebunden wird, wenn Sloterdijk in seinem Aufsatz «Technologie und Weltmanagement» von 1993 schreibt: «[D]ie Gemeinsamkeit der Stimmen in der ursprünglichen Sonosphäre ist die *message* selbst».[36] Fünf Jahre später nimmt er im ersten Band der Sphären-Trilogie das Thema wieder auf. In *Blasen* beschreibt er die vorgeburtliche «erste sonosphärische Allianz» in der Fruchtblase und schickt uns dabei wortstark in ein «sonosphärische[s] Treibhaus».[37] Dabei greift er auch jüngere Ergebnisse aus der Psychoakustik auf. Diese Forschungen belegen, dass Kinder schon vor der Geburt ausgezeichnet hören und dass es, so Sloterdijks Zusammenfassung, aufgrund dieser Frühentwicklung des Ohrs «keine passive Auslieferung des Fötus an das Geräuschinnenleben der Mutter und an die wassergefilterten Stimmen und Lärmquellen der Außenwelt» gebe. Vielmehr habe bereits das Ohr der noch nicht Geborenen «die Fähigkeit, sich durch eigenmächtig-lebhaftes Hinhören und Weghören in seiner dauernd gegenwärtigen invasiven Geräuschumwelt aktiv zu orientieren.»[38]

Dieses aktive Ohr, dem die reduktionistisch-objektivierenden Techniken des 20. Jahrhunderts so misstrauten, hat, so scheint es, den Austritt aus Sloterdijks Blase genauso überlebt wie den einst von Walter Benjamin befürchteten Verfall (oder die gewollte Zertrümmerung) der Aura durch die Reproduktion der Bilder und Töne.[39] Aus jeder dieser Krisen eröffneten sich dort neue Handlungsspielräume, wo dem technokratischen Diktat und dem damit verbundenen Machtmissbrauch entkommen und die Erfahrung in ihrer Komplexität repräsentiert werden konnte.

Die Lautsphäre als für dieses Buch gewählter Begriff beschreibt die akustische Umwelt aus zweifacher Perspektive: zum einen als «Laut» und Mitteilung, zum anderen als «Sphäre» im Sinn von Umgebung und Lebenswelt, und kommt damit dem Versuch einer holistischen Denkweise am nächsten. Beides, das Kommunikative und das Sphärische, sind die zentralen Themen dieses Buches.

1 Dürrenmatt 1985, S. 85.
2 Latour 2006 [engl. 1983], S. 103.
3 Vgl. Sterne 2012, S. 5. Siehe auch Zardini 2006; Smith 2004; ders. 2007.
4 Siehe Corbin 1994.
5 Siehe Thompson 2002.
6 Siehe S. v. Fischer 2009; dies., Tapping Machine, 2017. Zur 2009 vorgebrachten These eines «sonic turn» siehe auch Porcello 2007.

7 Siehe S. v. Fischer, *Hellhörige Häuser*, 2013.
8 2015 erhielt die Autorin ein Stipendium von der von Viktoria Tkaczyk geleiteten Research Group «Epistemes of Modern Acoustics», MPIWG Berlin.
9 Siehe S. v. Fischer, Visual Imprint, 2017.
10 Der Fokus auf den Alltag erklärt in einer gewissen Weise auch die Entscheidung, die Schnittstelle von Musik und Architektur, über die schon viel geschrieben wurde, hier auszuklammern. Dazu siehe Naredi-Rainer 2001; ders. 2012; Pascha 2004.
11 *Schallschutz im Wohnungsbau – Ein Unterrichtsfilm, gefördert durch den Bundesminister für Wohnungsbau*, D 1954; Drehbuch: Lothar Cremer, Produktion: EKA-Filmproduktion München, Auftraggeber: Institut für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht (FWU), München, Bundesministerium für Wohnungsbau, Bad Godesberg; Länge: 15 Minuten, Format: 16 Millimeter, 1:1,37, s/w, Ton.
12 Osswald 1929, S. 7; Orthografie und Hervorhebung folgen dem Original.
13 Kurt Eggenschwiler stand der Abteilung für Akustik und Lärmbekämpfung der Empa während der Zeit der Arbeit an diesem Buch vor und hat wertvolle Anregungen zu der vorliegenden Studie beigesteuert.
14 Zur modernen Figur des Experten siehe Chi 1988; Schumacher / Busset 2001; Glassie 2014.
15 Siehe Galison / Jones 1999; im darauffolgenden Jahrzehnt hatten sich «laboratory studies» regelrecht zu einem eigenen Forschungszweig entwickelt.
16 Vgl. Daston / Galison 1992; dies. / ders. 2010.
17 Giedion, Wettkampf um das Haus der Nationen, 1927; ders., Schweizer Erfolge, 1927.
18 Vgl. Giedion, Wer baut das Völkerbundgebäude?, 1927, S. 1094; für eine Diskussion siehe S. v. Fischer, Debating Volume, 2018.
19 Nachschrift und Skriptum der im Semesterprogramm als «Architektur-Akustik und Schallisolation» festgehaltenen Vorlesung von Franz Max Osswald an der ETH Zürich im Wintersemester 1932/33, o. S. [S. 1], Hochschularchiv / ETH Zürich, Nachlass Rolf Meyer-von Gonzenbach.
20 Die Reliefprints des Elbphilharmoniesaals waren beispielsweise Teil von drei Referaten und mehreren Diskussionen anlässlich der Tagung «L'acoustique architecturale» am Centre Pompidou, Paris, unter der Leitung von Carlotta Darò, École nationale supérieure d'architecture de Paris-Malaquais, vom 27. Oktober 2016.
21 Siehe Feld 2005, S. 185; ders. 2015.
22 Vgl. Beranek 2008, S. 110.
23 Le Corbusier 1958, o. S.
24 Vgl. Southworth 1967; ders. 1969.
25 Vgl. Posener 1975 [erweitert 1977].
26 Vgl. Colquhoun 1969 [zuerst 1967], S. 271.
27 Adorno 1977, S. 377. Adorno bezog sich hierbei auch auf Adolf Loos' Aussage, «ein Kunstwerk habe niemandem zu gefallen, das Haus aber sei einem jeden verantwortlich». Ebd., S. 375.
28 Vgl. Latour 2007 [engl. 2004].
29 Vgl. Fuller 1966 [2 Teile].
30 Siehe Fuller 1969. Fullers Werk zeigt vielfache Bezüge zu Radio- und Kommunikationstechnologien auf, der Begriff Soundscape allerdings spielt nach 1969 keine Rolle mehr in seinen Schriften; siehe Wigley 2016.
31 Der Medienhistoriker Jonathan Sterne verweist auf Verwendungen von Soundscape vor Fullers besagtem Vortrag von 1964; vgl. Sterne 2013; ders. 2015; siehe auch Schulz 2008. Zu den verschiedenen Bedeutungen, die dem Begriff Soundscape zugewiesen werden, siehe Kelman 2010; Ingold 2011. Für eine Studie der Konjunkturen empirischer Soundscape-Studien seit 1969 siehe Axelsson 2018.
32 Siehe Southworth 1967; ders. 1969.
33 Siehe Schafer 1977; ders. 1994. Erst in der zweiten Ausgabe in den 1990er Jahren wurde dem Titel *The Soundscape* vorangestellt. Zu Schafers Einfluss auf Architektur und Kunst der 1970er Jahre siehe Darò 2007; dies. 2013. Siehe auch Schafer 1969.

34 Marshall McLuhan, Brief an R. Murray Schafer, 16. Dezember 1974, in: Molinaro / McLuhan / Toye 1987, S. 507.

35 In der ersten deutschen Übersetzung von 1988 hiess Schafers Standardwerk noch *Klang und Krach*; die Neuübersetzung von 2010 mit dem Titel *Die Ordnung der Klänge* versuchte mittels Anlehnung an Michel Foucaults *Die Ordnung der Dinge* Schafers Werk stärker in einem kulturtheoretischen statt in einem moralisch-ökologischen Kontext zu positionieren; siehe Schafer 1988 [engl. 1977]; ders. 2010 [engl. 1977]; siehe auch S. v. Fischer, Lautsphäre, 2012.

36 Sloterdijk 1993, S. 74. Heideggers vielbeachteter Vortrag «Bauen Wohnen Denken» bei den zweiten Darmstädter Gesprächen drehte sich um Konzepte wie die «Zughörigkeit zum Geviert» (Heidegger 1994 (1951), S. 14. Zur breiten Rezeptionsgeschichte des Aufsatzes siehe Eduard Führs Einleitung zu einer dem Aufsatz gewidmeten Ausgabe von *Wolkenkuckucksheim*: Führ 1998); Morat 2007, S. 498–507; Espinet 2009.

37 Sloterdijk 1998, S. 531; Die ideologische und essentialistische Verklärung, die mit seiner Interpretation des Sirenen-Mythos einhergeht, hat die Literaturwissenschaftlerin Nicola Gess bereits scharf analysiert; vgl. Gess 2014.

38 Sloterdijk führt hier insbesondere Forschungen aus der Schule des französischen Arztes und Audio-Psycho-Phonologisten Alfred Tomatis an, siehe Sloterdijk 1998, S. 511–512.

39 Siehe Benjamin 1963 [1936], S. 15.

# Objektivierung: Schall im Labor



# Das erste akustische Laboratorium an der ETH Zürich

> negative akustik: lärmbekämpfung.
> positive akustik: schallförderung.[1]
>
> Franz Max Osswald in seiner Vorlesung
> «Architektur-Akustik und Schallisolation», 1932

Am 29. Juni 1929 hielt Franz Max Osswald (1879–1944), der erste Hochschulakustiker der Schweiz, seine Antrittsrede als Privatdozent an der ETH Zürich. Er schilderte, wie er 1924 begonnen hatte, an der ETH sein Laboratorium einzurichten (Abb. 1.02). Seine Forschung in Architektur-Akustik – wie die Bau- und Raumakustik zu Beginn des 20. Jahrhunderts bezeichnet wurde – präsentierte er in Zusammenhang mit Pionierarbeiten aus dem Ausland, insbesondere mit Wallace Clement Sabines (1868–1919) physikalischen Experimenten an der Harvard University. Seinen eigenen Schritt in eine Karriere als Akustiker datierte Osswald auf 1921 – ziemlich genau auf den Zeitpunkt also, als posthum Sabines *Collected Papers on Acoustics* erschienen.[2] Dessen Forschungen wurden nicht nur von Osswald in der Schweiz, sondern auch von seinen internationalen Fachkollegen als entscheidende Wegmarke der modernen Raumakustik betrachtet.

Für Osswald waren Sabines gesammelte Aufsätze ein «Buch faszinierender Beschreibung der ersten Tastversuche bis zur glatten Erklärung mancher raumakustischer Fragen, die bisher als unergründlich galten». In ihm, so gestand er in seiner Antrittsrede, «erwachte die Begierde, diesen Wissenszweig auch in unserm Lande anzuwenden, und womöglich weiter auszubauen.»[3] Nicht ohne Stolz verwies er mehrfach auf seinen Briefwechsel mit Paul Earls Sabine (1879–1958), einem entfernten Cousin von Wallace Clement Sabine und seines Zeichens Leiter des 1918 fertiggestellten Riverbank Acoustical Laboratory in den Vereinigten Staaten. Überhaupt erwähnte Osswald gern all seine Verbindungen und Kontakte zu Forschungsstätten im Ausland, die ihm «wertvolles Material mitgeteilt» hätten.[4] So nämlich setzte er sich selbst auf die Landkarte der internationalen Transfers der akustischen Wissenschaften des frühen 20. Jahrhunderts.

**1.01 · Reflexionsarmer Raum an der ETH Zürich für akustische Messungen mit einer schallabsorbierenden Wandverkleidung aus Glaswolle-Prismen in einer Baumwollstoffverkleidung nach der Idee von Willi Furrer. Fotografie vom 25. März 1952.**

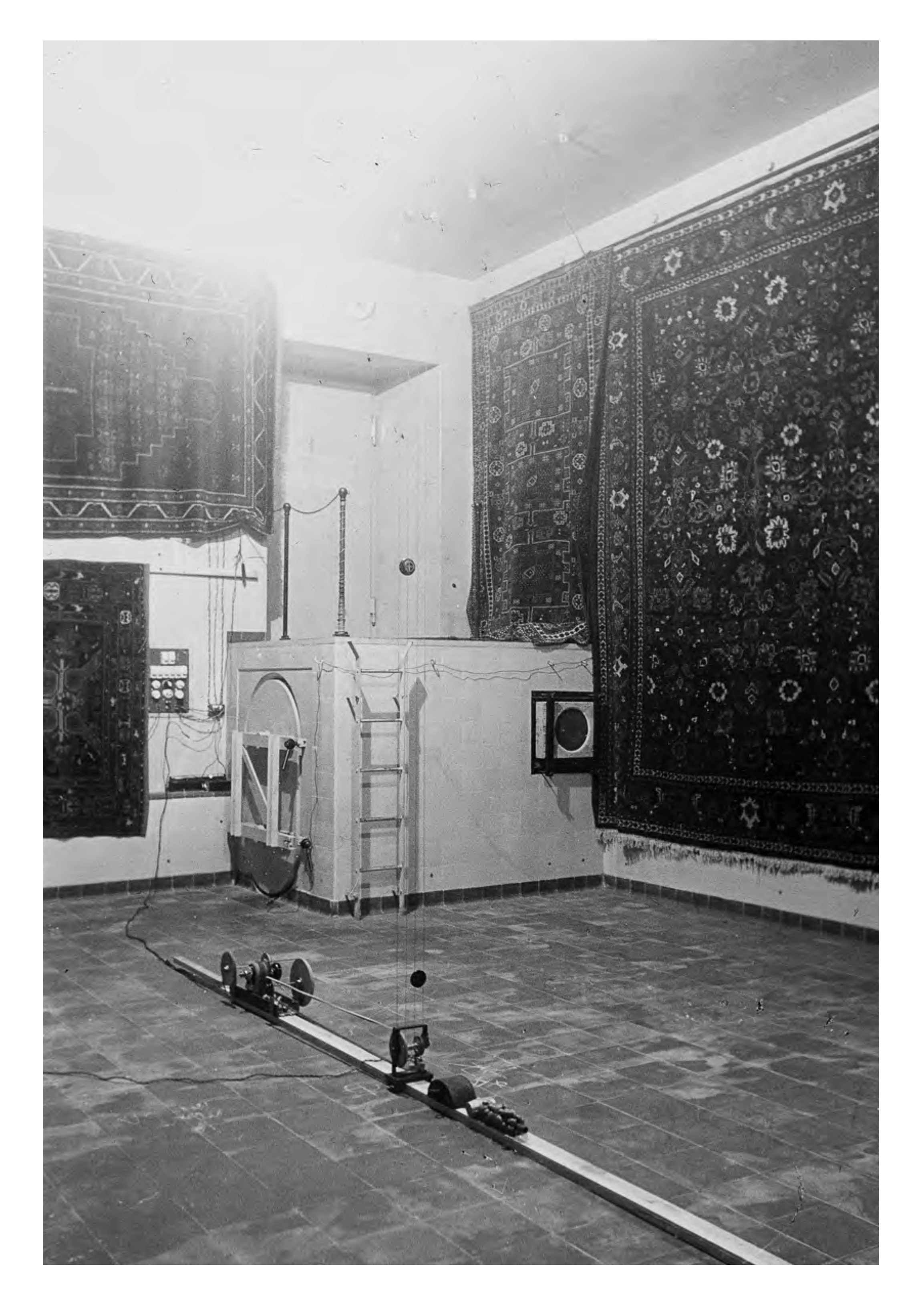
## Die Disziplinierung der Akustik (1929)

Das Jahr 1929 markierte nicht nur den Höhepunkt in Osswalds Karriere, es war gleichzeitig auch in globaler Hinsicht ein Meilenstein in der Geschichte der modernen wissenschaftlichen Akustik. In den Vereinigten Staaten formierte sich in ebendiesem Jahr die erste und bis heute bedeutendste wissenschaftliche Gesellschaft auf diesem Fachgebiet, die Acoustical Society of America (ASA), in deren Fachorgan, dem *Journal of the Acoustical Society of America* (*JASA*), recht bald auch Osswald publizieren wird. Bis dahin war es allerdings ein weiter Weg.

1879 als Sohn deutscher Eltern in Winterthur geboren und 1892 schliesslich eingebürgert, blieb Osswald bis an sein Lebensende in seiner Geburtsstadt wohnhaft.[5] Er diplomierte 1900 am Technikum Winterthur und 1905 an der ETH Zürich als Maschineningenieur, danach war er bei der British Westinghouse Electric & Manufacturing Co. Ltd in Manchester (1905–1907) und bei den Sulzer Brothers Ltd in London (1908) angestellt. Als knapp Dreissigjähriger kehrte Osswald in seine Heimatstadt zurück und arbeitete im Anschluss dreizehn Jahre bei der dortigen Niederlassung der Gebrüder Sulzer als Konstrukteur für Zentrifugalpumpen.[6] Schon zu dieser Zeit setzte er akustische Techniken für die Diagnose von Motorenfehlern ein. Osswalds eigene rückblickende Darstellung lässt dabei offen, wie viele seiner «aus Liebhaberei und mit den primitivsten Mitteln» betriebenen akustischen Forschungen im Rahmen seiner Anstellung geschahen und wie viele davon privater Natur waren.[7]

Als Osswald sich 1921 vornahm, auf breiter Basis technische Lösungen für die akustischen Probleme des modernen Lebens zu finden, und sich als akustischer Berater selbständig machte, finanzierte er seine Forschungen zunächst aus eigenen Mitteln. In «Schall und Raum», der besagten Antrittsrede als Privatdozent, schilderte er im Juni 1929, dass seiner Arbeit anfangs hauptsächlich «Zurückhaltung, schonendes Mitleid und etwas Spott» entgegengebracht wurde.[8] Doch bald, so Osswald weiter, begannen die Professoren des Physikalischen Instituts der ETH Zürich, «die Sache zu unterstützen». Damit standen die Physiker indes nicht allein, denn auch die Industrie erkannte in den 1920er Jahren die Zeichen der Zeit und produzierte verschiedenste akustisch wirksame Bauprodukte zur Schall- und Vibrationsisolierung, Schallverminderung (Absorption) und besseren

**1.02 Der lange Nachhall im Versuchsraum von Franz Max Osswalds Institut für angewandte Akustik, seit 1929 im Untergeschoss des ETH-Hauptgebäudes, wurde mit Teppichen gedämpft. Aufnahme während elektrotechnischer Messungen, 1932–1933.**



Verteilung (Transmission, Diffusion und Reflexion) des Schalls, für deren Anwendungen die Architekten dann Osswald um Rat fragten.

1924 stellte Osswald bei der «Eidgenössischen Stiftung zur Förderung schweizerischer Volkswirtschaft durch wissenschaftliche Forschung» einen Antrag auf Subventionen, der schliesslich genehmigt wurde und ihm einen – angesichts seiner bescheidenen Lage – «ansehnlichen Betrag» bescherte, vermutlich in Höhe des Gesuchs über gesamthaft 7000 Schweizer Franken.[9] Mit dieser Unterstützung der Industrie konnte er seine Forschungsarbeiten professionalisieren und zugleich akademisch einbetten. Das Physikalische Institut der ETH Zürich stellte ihm seinerseits Konstant-Temperatur-Räume zur Verfügung, in denen er in den folgenden Jahren das erste Akustiklaboratorium an einer Schweizer Hochschule einzurichten begann.[10]

Mit im Vergleich zu anderen Instituten der ETH relativ wenigen Mitteln machte sich Osswald daran, weltweite Entwicklungen in der Akustik nachzuvollziehen. In diesen Arbeiten spiegeln sich die akademische Umgebung der ETH wie auch die globalen Bedingungen der noch jungen Disziplin der Raum- und Bauakustik wider. Denn die Räume am Physikalischen Institut waren wegen ihrer Isolation gegen aussen zwar «akustisch sehr wertvoll [… ,] aber sehr feucht und ungesund und schlecht zugänglich».[11] Deshalb hatte Osswald, als er 1927 ein Habilitationsgesuch einreichte, auch um bessere Räumlichkeiten gebeten.[12] Der Hochschulrat gewährte ihm daraufhin tatsächlich «ein eigenes Laboratorium im Hauptgebäude der E.T.H. mit besserem Inventar».[13] In seiner Antrittsvorlesung 1929 berichtete er denn auch nicht ohne Stolz:

> [H]eute besitzen wir an der E.T.H. ein gut ausgerüstetes akustisches Spezial-*Laboratorium*, und die E.T.H. ist meines Wissens die erste technische Hochschule, die angewandte Akustik, vorläufig Architektur-Akustik, im Vorlesungsverzeichnis hat.[14]

Für Osswalds Habilitationsgesuch an der ETH im Jahr 1927 hatten der verhältnismässig junge Ordinarius für Physik Franz Tank (1890–1981) und der kurz vor der Pensionierung stehende Architekturprofessor Gustav Gull (1858–1942) als Referenten fungiert. In einem ausführlichen zweiseitigen Schreiben vom 23. Dezember 1927 erläuterte dabei der Physiker Tank, dass Osswald mit seiner Förderung des Gebiets der «praktischen Akustik» unter Ingenieuren, Architekten und Physikern «Pionierarbeit» leiste, gute Beziehungen zur ausländischen Forschung unterhalte und eine «wertvolle Sammlung von Apparaten und Messinstrumenten» habe. Der Architekt Gull

schloss sich dieser Einschätzung am 3. Januar 1928 auf einer halben Seite «vollständig an» und ergänzte die Empfehlung mit der Bestätigung, dass die Akustik ein «wichtiges Lehrfach» sei und es wünschenswert wäre, dass man Osswald «die von ihm gewünschten Räumlichkeiten zur Vornahme weiterer Studien und Untersuchungen zur Verfügung stelle».[15]

Die beiden Gutachten hinterlassen den Eindruck, dass das Interesse an der wissenschaftlichen Forschungsarbeit hauptsächlich von der Physik ausging, während die Architekten die Anwendungsmöglichkeiten zwar begrüssten, sich aber für die genauere Herleitung nur bedingt interessierten. Am 26. Januar 1928 kam dann die Abteilung I (Architektur) zu dem Schluss, dass verschiedene Mitglieder «aus dem Anhören von Vorträgen des Herrn Osswald ihren Eindruck von der wissenschaftlichen und praktischen Bedeutung seiner Bestätigung auf dem Gebiet der angewandten Akustik durchaus bestätigt fanden», und beantragten für ihn die Venia Legendi für angewandte Akustik, und zwar ohne Probevorlesung oder besondere Habilitationsschrift. Zwei Tage später reichte Josef Zemp (1869–1942) in seiner Funktion als Vorstand der Abteilung I das Gesuch für Osswalds Habilitation beim Präsidenten des Schweizerischen Schulrats Arthur Rohn (1878–1956) ein.[16]

Letztlich wurde Osswald die Venia Legendi aber weder für die Architektur- noch für die Physikabteilung, sondern für die Abteilung XII (Freifächer) zugesprochen. Sein Laboratorium wiederum – in seinen eigenen Dokumenten als Institut für angewandte Akustik bezeichnet, gelegentlich nannte er es auch Institut für technische Akustik – blieb gleichwohl dem Physikalischen Institut der Abteilung III (Maschineningenieurwesen und Elektrotechnik) angegliedert.[17] Schon diese dreifache Zuordnung der Akustik zur Architektur, Physik und zu den Freifächern macht deutlich, dass die Architektur-Akustik um 1930 ein junges Fachgebiet nicht nur mit mehrfachen Bezügen, sondern auch noch ohne gefestigte Methoden war.

Trotzdem wurde hiermit ein wichtiger Schritt getan. Vom Wintersemester 1928/29 bis zu seinem Tod 1944 hielt Osswald fortan eine zweistündige Vorlesung über das Gebiet der Akustik, vornehmlich für die Architekten der ETH Zürich: «Architektur-Akustik und Schallisolation», so der Titel der Veranstaltung, wurde im Vorlesungsverzeichnis der Abteilung XII für Freifächer geführt, wie das Fach «Architekturtheorie» oder das «juristische Kolloquium», und auch im Vorlesungsverzeichnis der Architekturabteilung empfohlen. Im Sommersemester betreute Osswald darüber hinaus ein dazugehöriges Praktikum. Dieses war im Semesterprogramm als «Arbeit im Labor», die «täglich» stattfand, eingetragen. Die Vorlesung «Architektur-Akustik und

Schallisolation» selbst ist dank einer Nachschrift dokumentiert und gibt so – als eines der wenigen erhaltenen Dokumente Osswalds überhaupt – einen Einblick in sein Denken und Wirken.

Als Auftakt seiner Vorlesung stellte Osswald zwei Extremsituationen gegenüber: negative «Lärmbekämpfung» versus positive «Schallförderung».[18] Die Unterscheidung war ihm wichtig. Es schien ihn weniger zu interessieren, die Töne und Geräusche zu bekämpfen, als deren Verteilung im Raum zu fördern, was er mit dem wertenden «positiv» und «negativ» deutlich machte.

«Negative Akustik» bedeutete aus Osswalds Sicht, den Schall abzuschwächen oder zu isolieren. Der Begriff «Lärm» tauchte in seiner Vorlesung zwar eingangs auf, aber letztlich doch weit weniger prominent als der «Schall». Was ihn faszinierte, waren die Phänomene Lautstärke und Frequenz und wie diese in ihren Verortungen und Ausbreitungen vielfältige Hörerfahrungen auslösen. Den Schall «positiv» zu beeinflussen und seine Übertragung zu lenken und zu fördern, war vor dem Hintergrund der gesamtgesellschaftlichen Entwicklungen im 20. Jahrhundert von mindestens so grosser Bedeutung wie seine Isolierung. Denn mit der Demokratisierung der Gesellschaft waren auch die Versammlungsräume grösser geworden, was die ohnehin gewachsenen Anforderungen an die Sprachverständlichkeit in Auditorien wie in Kirchen auch im Zusammenhang mit der Architektur auf die Probe stellte.

Osswalds Vorlesung begann also mit der Lärmbekämpfung: Für angehende Baufachleute schien die Schallisolierung zum Grundlagenstoff zu gehören, den Osswald rasch hinter sich brachte, bevor er sich seinem wahren Interesse, der Raumakustik in Sprechauditorien und Konzertsälen, widmen durfte. Mit dem Thema Lärm zeigte sich die Vorlesung dabei anschlussfähig an persönliche Erfahrungen genauso wie an politische Debatten und bauliche Probleme, von den Antilärmbewegungen beiderseits des Atlantiks bis zu den rege beworbenen Industrieprodukten für die Schallisolation.

Lärm als unerwünschter Schall weckt Handlungsbedarf und ruft nach technischen Lösungen. So führte Osswald die Studierenden in die vielschichtigen wissenschaftlichen Fragestellungen ein und erläuterte physiologische, psychologische und physikalische Aspekte der Akustik. Dieser geradezu interdisziplinäre Ansatz der akustischen Wissenschaften, lange bevor die Hochschulen ein solches Wort in ihrem Vokabular führten, war eine der grossen Herausforderungen in Osswalds Unterricht an der Architekturabteilung. Der bauphysikalische Pflichtstoff, zu dem Angaben von Schalldämmwerten verschiedener Konstruktionsweisen und Baumaterialien gehörten, ist in der Vorlesungsnachschrift mehrheitlich in Form von

Kopien aus anderen Lehrbüchern enthalten. Es könnte fast der Eindruck entstehen, als habe Osswald die Isolierung mit dem Attribut «negativ» belegt, weil er in der Lärmbekämpfung seine eigene Rolle als eine negative empfand: Um Schall zu bekämpfen, muss der Akustiker Geräusche nur verhindern, mindern, ausgrenzen, eliminieren, ungeachtet ihrer genauen Eigenschaften. Um aber Schall «positiv» zu beeinflussen, muss der Experte mit Hilfe seiner Kenntnisse die physikalische Energie einem Magier gleich umleiten, biegen, richten, streuen, bündeln. Osswalds «positive Akustik» funktionierte um 1930 vor allem mit Schallrückwürfen im Raum und ohne elektroakustische Verstärker. Die gebaute Architektur mit Reflexionen an Wänden, Decken und Boden formte den Schallkörper und bestimmte die Intensität und Qualität der Klänge. Die Lautsprechertechnik war, wie an anderer Stelle noch erläutert werden wird, ein noch sehr junges Forschungsgebiet.

Räume für Sprache und für Musik stellten auch für die Forschungen im Laboratorium für angewandte Akustik an der ETH die grösste Herausforderung dar. Bei Konzerten sollten die Klänge voll und gleichzeitig klar ertönen, Sprachvorträge sollten zuweilen ein in die Tausende gehendes Massenpublikum erreichen: Die Schallverteilung für diese immer grösseren Räume mit immer höheren Anforderungen an die Akustik waren mit traditionellen Methoden wie Schalldeckeln und Reflektoren kaum mehr zu lösen. Die moderne Raumakustik war indes noch damit beschäftigt, sich als junge Wissenschaft zunächst einmal über ihre Grundlagen und Konventionen zu einigen.

In Osswalds Laboratorium, wie auch weltweit, wurden die Verfahren zur Messung des Schalls gerade erst verfeinert. Mit der physikalischen Bestimmung akustischer Kenngrössen wie der Nachhallzeit in Sekunden oder des Schalldruckpegels und Schalldurchgangs in Phon oder Dezibel bemühten sich die Wissenschaftler um standardisierte Formulierungen. Volumen, Geometrie und Material des Raumes wurde objektiviert vermessen, um die Quantität und Qualität des Schalls zu bestimmen und zu kontrollieren. Mit einer Vielzahl an Apparaten wurden von der Nachhallzeit über die Wirksamkeit von Isoliermaterialien bis hin zur Visualisierung der Schallverteilung im Raum verschiedenste Parameter der Akustik getestet und darstellbar gemacht:

> […] akustisches Verhalten gekoppelter Räume (Radio-Studio-Echoerzeugung), unübertroffen schöne Schallwellen-Photographien (Schall-Propagation bei Rückwürfen), akustische Dämpfungseigen-

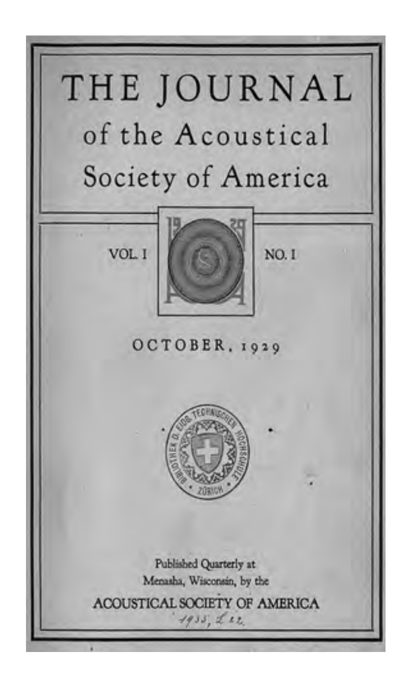
> schaften aktuell gewordener Bau- und Innenauskleidungsmaterialien (Isolation) […], Resonanz-Probleme, Apparate-Typen.[19]

In Osswalds Karriere markierte das Jahr 1929 den Höhepunkt. Voller Zuversicht präsentierte er am 29. Juni 1929 bei seiner Antrittsrede als Privatdozent den Weg, wie er im weiten Feld der Akustik synergetisch Objektivierung und Erfahrung zusammenführen könne:

> Es besteht gute Hoffnung, dass das grosse praktische Experimentiermaterial Grundlagen zu weitern theoretischen Verfeinerungen bietet und dass der junge Wissenszweig zur vollwertigen Wissenschaft, zur Befriedigung der Mitarbeiter und als ein Schritt auf dem Weg zu besserer akustischer *Volks-Hygiene* und Komfort gedeihe.
> […] Wir dürfen nicht hoffen, jemals alles exakt analisieren und mechanisieren zu können und wir müssen uns bestreben, mancher Teilfrage durch hingebende Betrachtung und Einfühlung näher zu kommen.[20]

Osswalds Hoffnungen erfüllten sich nicht alle, doch seine damalige «gute Hoffnung» kam wahrscheinlich nicht von ungefähr: Wenige Wochen vor seiner Antrittsrede hatte die Akustik als akademische Disziplin ihren Gründungsmoment erlebt, als am 10. und 11. Mai die Acoustical Society of America mit über 180 Mitgliedern in den Räumlichkeiten der Bell Telephone Laboratories formell ins Leben gerufen wurde.[21] Die verschiedenen mit Schallsignalen befassten Fachgebiete waren nun – nach eifrigen Vorbereitungen – unter einem institutionellen Dach zusammengeschlossen. «On December 27, 1928, an enthusiastic group of forty persons, interested in all phases of acoustics, met in New York City to discuss the means of promoting their favorite science», erinnerte sich der Physiker Dayton Clarence Miller (1866–1941) später an das entscheidende Vorbereitungstreffen.[22] Am Ende des Jahres 1929 verzeichnete die Berufs- und Interessenvereinigung bereits 450 Mitglieder – und seit Oktober 1929 verfügte sie mit dem *Journal of the Acoustical Society of America* (Abb. 1.03) auch über ein eigenes Organ – bis heute *die* führende Fachzeitschrift für akustische Fragen.[23]

Es gehört zur Ironie des Lebens, dass die Welt Monate nach diesem fulminanten Start der Akustik als akademische Disziplin und industrielle Goldgrube mit ganz anderen Problemen beschäftigt war, den Auswirkungen des 24. Oktober 1929. Der sogenannte Schwarze Donnerstag ging als der folgenschwerste globale Börseneinbruch aller Zeiten in die Geschichte ein.


THE JOURNAL
of the Acoustical
Society of America

VOL. I NO. I

OCTOBER, 1929

Published Quarterly at
Menasha, Wisconsin, by the
ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA

1.03 Das erste akademische Journal als Teil der Disziplinenbildung: *The Journal of the Acoustical Society of America*, 1929.

1.04 Eine Fachzeitschrift für akustische Fragen, die zugleich die Produkte des Herausgebers bewirbt: Die Berliner Emil Zorn AG war auf «Isolierungen gegen Geräusche und Erschütterungen» spezialisiert. Erste Ausgabe der *Schalltechnik*, 1928.

1.05 Auch in Europa eine akademische Fachzeitschrift, herausgegeben im Auftrag der Deutschen Forschungsgemeinschaft: Erste Ausgabe der *Akustischen Zeitschrift*, 1936.


Die Schalltechnik

1. Jahrg. Berlin, 1. Januar 1928 Nr. 1

Inhalts-Übersicht


Akustische Zeitschrift

im Auftrage der
DEUTSCHEN FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT
unter Mitwirkung der
DEUTSCHEN REICHSPOST und PHYSIKAL.-TECHN. REICHSANSTALT
herausgegeben von
MARTIN GRÜTZMACHER und ERWIN MEYER

1. Zur Einführung ... 1
2. E. Waetzmann und L. Keibs: Theoretischer und experimenteller Vergleich von Hörschwellenmessungen ... 3
3. G. v. Békésy: Zur Physik des Mittelohres und über das Hören bei fehlerhaftem Trommelfell 13
4. A. Gastell: Schalldämmessungen in der Praxis und Vorschläge zur Normung des Schallschutzes von Wohnungstrennwänden und Decken ... 24
5. H. J. v. Braunmühl: Ein neues Gerät zur periodischen Wiederholung von Schallaufzeichnungen ... 36
6. Schrifttum ... 40
7. Patentschau ... 46
8. Nachrichten ... 48

Erstes Heft Erster Jahrgang September 1936

Verlag von S. Hirzel in Leipzig

In den USA folgten die Great Depression, weltweit Massenverarmungen und politische Radikalisierungen. Besonders in Deutschland hatte dies auch folgenreiche Auswirkungen im Bauwesen und in den akustischen Wissenschaften, wie hier später noch gezeigt wird.

Im Gegensatz zu den Vereinigten Staaten ging die Gründung der ersten deutschen akustischen Fachzeitschrift nicht auf Akademiker, sondern auf die Industrie zurück: Die 1899 gegründete Emil Zorn AG, eine Berliner «Fabrik für Isolierungen gegen Geräusche und Erschütterungen», setzte sich – als Hersteller von Schalldämmungen nicht ganz uneigennützig – für die Antilärmbewegung ein und verwies in der seit 1928 vom Unternehmen verlegten Zeitschrift *Die Schalltechnik* zuvorderst auf firmeneigene Produkte (Abb. 1.04). Die *Schalltechnik*, so fasste die *Schweizerische Bauzeitung* (*SBZ*) anlässlich des Erscheinens der ersten Ausgabe zusammen, «stellt sich zur Aufgabe, in Theorie und Praxis die Mittel zu zeigen, mit denen vor allem auf dem Gebiete des Bauwesens das Auftreten, die Uebertragung und das Eindringen von Schall und Erschütterungen vermieden werden kann und wie Räume bau-akustisch richtig herzustellen sind.»[24]

Als Schriftleiter von *Die Schalltechnik* zeichnete Richard Berger (1879–1951), ein ausgewiesener Fachmann auf dem Gebiet der Akustik.[25] Berger hatte 1911 in München seine Doktorarbeit *Über die Schalldurchlässigkeit* eingereicht und 1926 ein weiteres Buch mit dem Titel *Die Schalltechnik* veröffentlicht. Die Autoren der gleichnamigen Zeitschrift, darunter oft Berger selbst, berichteten von der akustischen Forschung weltweit und vermittelten in für Laien verständlicher Sprache das Wissen der Akustik um die Dämpfung von Lärm und Erschütterungen, mit deren Anwendung – immerhin konnte sich die Emil Zorn AG den Luxus einer eigenen Fachzeitschrift leisten – sich ein offenbar lukrativer Wirtschaftszweig erschliessen liess.[26]

Die Disziplinierung der Akustik wurde indes auch in Deutschland bald mit akademischem Anspruch und – anders als in den USA – auch von staatlicher Seite betrieben. Zu ihrem Leitmedium avancierte die ab 1936 im Auftrag der Deutschen Forschungsgemeinschaft von Erwin Meyer (1899–1972) vom Berliner Institut für Schwingungsforschung und Martin Grützmacher (1901–1994) vom Akustik-Labor der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt herausgegebene *Akustische Zeitschrift* (Abb. 1.05).[27] 1944 im Zuge der nationalsozialistischen Mobilisierung für den «Totalen Krieg» eingestellt, wurde sie 1951 in gewisser Weise unter neuem Namen wiedergegründet: Im Unterschied zur *Akustischen Zeitschrift* war ihre «Nachfolgerin» *Acustica* jedoch von Anfang an international aufgestellt und publizierte Beiträge nicht nur auf Deutsch, sondern auch auf Englisch und Französisch. Die Initiative zu *Acustica*, die nach zwei weiteren Namenswechseln heute als *Acta Acustica united with Acustica* erscheint, ging dabei ebenfalls auf Meyer zurück, der bis zu seinem Tod auch als einer der Herausgeber verantwortlich zeichnete.[28]

Ob man sich mit der Gründung eigener Fachverbände schwertat oder man einen solchen Schritt lange Zeit einfach nicht für nötig hielt: Fest steht, dass im deutschsprachigen Raum in all den in der vorliegenden Untersuchung im Fokus stehenden Jahren keine Berufs- und Interessensvertretung dokumentiert ist: Die Schweizerische Gesellschaft für Akustik (SGA), deren erster Präsident Osswalds Nachfolger an der ETH Zürich, der Akustiker und ETH-Titularprofessor Willi Furrer (1906–1985), war, wurde 1971 gegründet; ihr Pendant in der Bundesrepublik, die Deutsche Gesellschaft für Akustik (DEGA), entstand sogar erst 1988.[29]

### Ein Laboratorium für Schall, das auch Bilder herstellt (1929–1944)

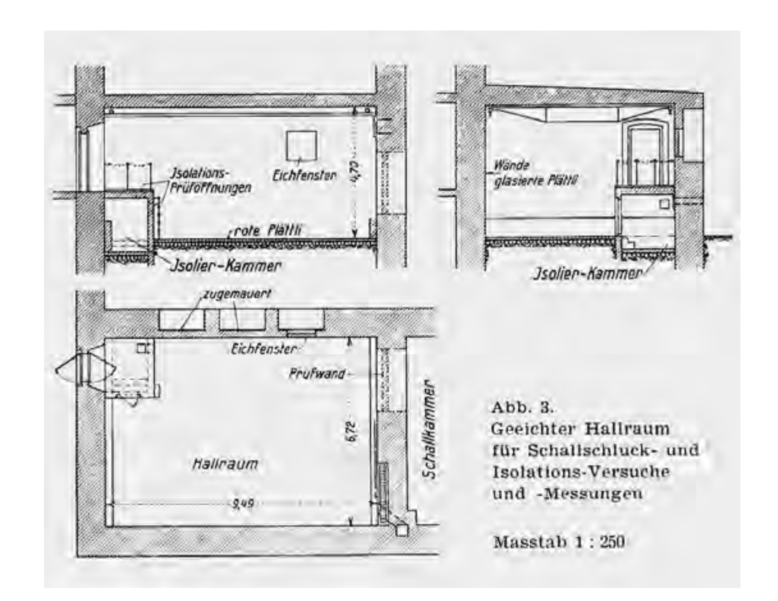
Osswalds Zuversicht, den Geheimnissen der Akustik durch «hingebende Betrachtung und Einfühlung» auf den Grund gehen zu können, schien 1929 ungebrochen. Soeben hatte er neue Räumlichkeiten beziehen und seine Apparate installieren können. Das Herzstück seines Laboratoriums, das sich vermutlich im Raum 35A am südlichen Innenhof im Untergeschoss des Hauptgebäudes der ETH befand, war der als «Hallraum» bezeichnete Versuchsraum (Abb. 1.02, 1.06, 1.07).[30] In seiner Antrittsrede liess er es nicht aus, die Klangfülle während der akustischen Experimente in diesem Raum zu rühmen:

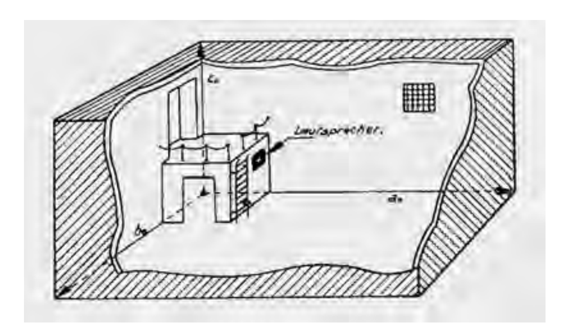
> Ein schönes Beispiel ist das eigens für langen Nachhall gebaute Laboratorium an der E.T.H., wo mittelstarke Töne gegen 15 Sekunden nachhallen, bei einem Volumen von unter 300 $m^3$.[31]

Seit Beginn des 20. Jahrhunderts ist die Nachhallzeit, also die Sekunden, bis ein Schallsignal verklungen ist, der wichtigste Parameter für die Raumakustik. Sie beschreibt zum Beispiel den Eindruck eines Klangvolumens durch lange Nachhallzeit, wie sie für Orchestermusik erwünscht ist, oder die Klarheit eines Sprechvortrags bei einer kürzeren Nachhallzeit.

Das Echo ist ein besonderer Fall des Nachhalls, der hier durch Reflexion oder Streuung so stark verzögert ist, dass er vom ursprünglichen Schallsignal getrennt werden kann.[32] Dieser kann je nach Frequenz und Lautstärke nach einigen Millisekunden oder mehreren Sekunden eintreten.

Es gibt letztlich kaum Situationen ohne Nachhall: Auf dem offenen Feld oder auf einer Bergspitze ist der Raum reflexionsfrei und sogenannt schalltot. Werden die Töne aber so von der Luft weggetragen, dass sie nicht mehr nachklingen, ist das Reden, Singen und Musizieren oft schwierig. In der «positiven Akustik», wie Osswald sie nannte, agieren Böden, Wände und




**1.06, 1.07** Das Herzstück von Osswalds 1929 bezogenem Laboratorium war der Hallraum mit Dimensionen von beinahe 10 x 7 x 5 Meter. Pläne aus der *SBZ* von 1938.

**1.08** Osswalds Geräteraum mit dem Apparat für Schallfotografie, rechts aussen die dafür verwendeten Schnittmodelle. Fotografie vom 21. Oktober 1930.



Decken als Schallreflektoren und formen akustisch – über Richtung und Intensität des Schalls – die Stimmung eines Raums.

Dass Osswalds mit unter 300 Kubikmetern vergleichsweise kleiner Hallraum 15 Sekunden lang nachhallte, war eigentlich nicht möglich (respektive höchstens unter Bedingungen wie einem speziellen Spektrum an Frequenzen), war er doch beispielsweise nur zwei Drittel so gross wie der von Wallace C. Sabine entworfene Hauptraum für die akustische Forschung in den privat finanzierten Riverbank Laboratories in Geneva, Illinois. Jener Versuchsraum mass 424 Kubikmeter, die nachgewiesenen Nachhallzeiten betrugen bis zu 14,7 Sekunden.[33] Hierbei muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Messmethoden noch nicht automatisiert und standardisiert waren, sondern auf den Urteilen einzelner Beobachter beruhten.[34]

Neben Osswalds Hallraum lag sein Mess- und Geräteraum (Abb. 1.08). Die räumliche Trennung von Versuchs- und Messraum kam der schon im 19. Jahrhundert gewonnenen Erkenntnis nach, dass die Anwesenheit der Messgeräte und der Messpersonen die Bedingungen im Laboratorium veränderten.[35] Bereits 1883 beschrieben schwedische Wissenschaftler die Schwierigkeit, die menschliche Wahrnehmung unter den Bedingungen im Laboratorium unverfälscht zu untersuchen. Die Reaktionen der Versuchsperson seien zum einen beeinträchtigt worden, weil diese «und der Ablesende sich im selben Zimmer befanden», zum anderen dadurch, dass der Proband «nothwendigerweise gestört [wurde] durch das Geräusch der bei der Untersuchung gebrauchten Apparate.»[36] Ein weiteres Beispiel aus der physiologischen Forschung, in dem Fall von der Yale University, zeigt eine Versuchsanordnung von 1895, bei der der Messraum denn auch ausserhalb des isolierten Raumes untergebracht war, in dem die Experimente stattfanden.[37] Doch nicht nur Objekte störten den Messvorgang: In frühen raumakustischen Versuchen stellten Forscher fest, dass auch die menschliche Präsenz an sich die Nachhalldauer beeinflusste, weil Kleidung und Körper der Messperson Schall absorbierten.

Wie seine Untersuchungen und Methoden stellte Osswald auch seinen Hallraum in die Tradition der Forschung von Wallace C. Sabine. Seine Studien stützten sich auf ausländische Fachliteratur, hauptsächlich aus Nordamerika, aber auch aus Deutschland und England. Die elliptischen Stempel mit der Prägung «F. M. OSSWALD, WINTERTHUR» und «F. M. OSSWALD, PRIV. DOZENT E.T.H., INGENIEUR, WINTERTHUR» in den Fachbuchbeständen, die heute auf die verschiedenen Bibliotheken der ETH Zürich verteilt sind, zeugen von seiner umfangreichen akustischen Fachbibliothek.

Nun wusste Osswald allein deshalb nur zu gut, dass seine Behauptung, die ETH sei die erste Hochschule, an der Unterricht in Architektur-Akustik angeboten werde, nicht ganz den Tatsachen entsprach. So hielt einer von Osswalds Zeitgenossen, der deutsche Architekt und Baustatiker Eugen Michel (1873–1946), der 1921 mit *Hörsamkeit großer Räume* ein Standardwerk geschaffen hatte, bereits seit dem Studienjahr 1921/22 jeweils im Sommersemester unentgeltlich eine einstündige Wahlvorlesung zum Thema Raumakustik an der Technischen Hochschule in Hannover und baute schon ab dem Studienjahr 1920/21 die Themen «Schalldämpfung» und «Hörsamkeit von Räumen» in seine Lehrveranstaltung «Steinbau I» ein. Ab dem Studienjahr 1927/28 kam als Wahlfach die Übung «Kirchliche Kunst und Raumakustik» hinzu, ab 1932/33 las Michel regulär zu «Raum- und Bauakustik».[38]

Auch in den Vereinigten Staaten wurden spätestens 1931 «Acoustical Engineering» und «Architectural Acoustics» an mindestens sechs Hochschulen als eigene Fächer angeboten.[39] Nicht alle akustischen Forschungen waren allerdings an einen Lehrbetrieb gekoppelt. Wichtige Institute in den USA wie die Bell Telephone Laboratories, dortiger Dreh- und Angelpunkt der akustischen Wissenschaften, und viele der um 1930 gegründeten Institute in Europa wie das Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung der Technischen Hochschule in Berlin arbeiteten unabhängig von der Lehre.

Anders als die Einrichtungen in Berlin, New York oder New Jersey wurde Osswalds Institut für angewandte Akustik an der ETH zu Anfang sogar teilweise aus eigenen Mitteln finanziert, und es war über lange Zeit auch ein Ein-Mann-Betrieb. 1931 ging es mit allen Instrumenten «in den entschädigungslosen Besitz der E.T.H. über», wobei Osswald 1932 «ein jährliches Budget von Fr. 2000.–» zugesprochen wurde. Darüber hinaus erhielt er «die Zusage eines Assistenten für einen Tag pro Woche», von dem vermutlich auch die Nachschrift der Vorlesung stammt.[40] Zudem betreute Osswald zwischen 1932 und 1934 den Doktoranden Hans Frei (1904–1956),[41] der gleichzeitig mit einem akademischen Gast aus Deutschland zu ihm gestossen war, dem bereits 1934 tödlich verunglückten Physiker Louis Citron.[42]

Mit ungebrochenem Enthusiasmus für die akustische Forschung richtete Osswald 1934 ein Bittschreiben um eine ausserordentliche Professur an die ETH Zürich. In diesem Brief erwähnte er auch seine Mühen mit der «lange zurückhaltenden Aufnahme bei den Architekten». Dass er nicht ermüdet sei, verdanke er einzig seiner «Liebhaberei», die ihm half, trotz die-

ses mangelnden Interesses die «Architektur-Akustik» zu unterrichten. Es war, so schreibt er, seine feste Überzeugung, dass der angewandten Akustik ein Platz unter den Wissenschaften gebühre.[43]

Der Wind hatte sich jedoch gedreht: War Osswalds Habilitationsgesuch 1928 noch wohlwollend aufgenommen worden, so wurde sein Antrag auf eine ausserordentliche Professur 1934 noch im selben Jahr mit der Begründung seines fortgeschrittenen Alters – Osswald war Mitte 50 – abgelehnt. Der Lehrauftrag, den er stattdessen erhielt, sicherte ihm ein angesichts der weltweiten Wirtschaftskrise immerhin existenzsicherndes Jahresgehalt von 5000 Schweizer Franken.[44]

In seinem Bittschreiben hatte Osswald geschildert, wie das Fach der angewandten Akustik sich im Lauf der Jahre gefestigt habe und er auch eine «kollegiale Zusammenarbeit» innerhalb der ETH pflege. Und weiter:

> [D]as Institut geniesst einen guten Ruf über die Grenzen unseres Landes hinaus. Die angewandte Akustik darf heute den Anspruch erheben, eine nicht mehr entbehrliche Ergänzung für Architektur, Technik und Hygiene zu sein.[45]

«Architektur», «Technik» und «Hygiene» wurden zwar in einem Atemzug genannt, doch die vielfachen disziplinären Anbindungen waren nicht nur die Chance, sondern eben auch das Problem der jungen Wissenschaft. Als liessen sich in diesem Spannungsfeld zwischen angewandten Ingenieurwissenschaften, physikalischer Grundlagenforschung und psycho-physiologischen Erklärungen denn auch die Worte nicht einfach finden, sind Osswalds Aufsätze zuweilen schwerfällig formuliert. Und während sich seine Ingenieurexperimente in den 1920er Jahren noch hervorragend in die Hochschullandschaft eingegliedert hatten, genügten sie dem verstärkten Ruf nach Grundlagenforschung der folgenden Jahrzehnte immer weniger.

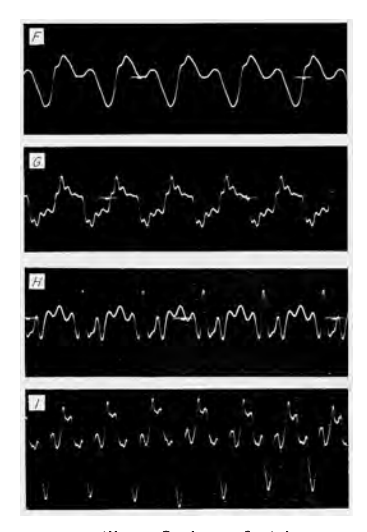
Allen Konjunkturen der Hochschulpolitik zum Trotz rechtfertigte die Industrienähe von Osswalds Interessen vor und nach 1930 seine Arbeit, und seine Beziehungen ins Ausland waren auch für die Industrie attraktiv. Schon als er 1924 im an die «Eidgenössische Stiftung zur Förderung schweizerischer Volkswirtschaft durch wissenschaftliche Forschung» gerichteten Gesuch um die finanzielle Unterstützung für seine «Studien in Raum-Akustik» sein Beziehungsnetz auslegte, erwähnte er an oberster Stelle das noch von Wallace C. Sabine geplante Akustiklaboratorium in den USA:

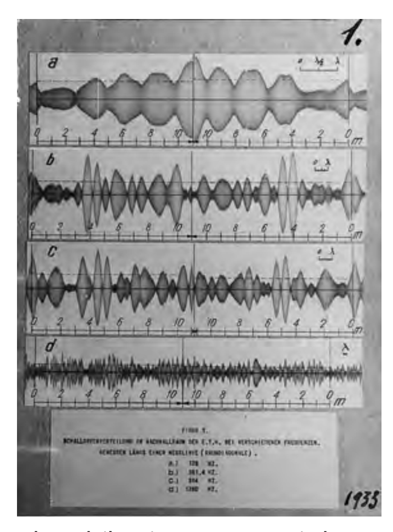
> Seit 1922 stehe ich in Verbindung mit Dr. Paul E. Sabine, der als Nachfolger von W. C. Sabine den [sic] ACOUSTIC LABORATORY, Geneva, Illinois, vorsteht. Dieses Laboratorium war noch durch W. C. Sabine eingerichtet worden. Nach Sabine's Methoden arbeiten in Amerika ferner Prof. Floyd R. Watson, an der ILLINOIS UNIVERSITY und das BUREAU of STANDARDS, Washington, in England hat das ROYAL INSTITUTE of BRITISH ARCHITECTS ein «Acoustic Research Committee» gebildet, ebenso befasst sich das DEPARTMENT of SCIENTIFIC and INDUSTRIAL RESEARCH mit diesen Fragen. Diese Forschungsstätten haben mir wertvolles Material mitgeteilt. In Frankreich und Deutschland finden sich ähnliche Ansätze; Oesterreich hat kurz vor Kriegsausbruch wichtige Beiträge zur mathematischen Bestätigung von Sabine's empirisch gefundenen Theorien geliefert.[46]

Osswald bewies mit diesem Schreiben, dass er über die internationale akustische Forschungslandschaft bestens orientiert war, so auch mit der Bezugnahme auf Floyd R. Watson (1872–1974), einen der drei späteren Gründungsväter der ASA, der die Anwendung der Nachhalltheorie im Zeitalter der elektroakustischen Verstärkung der 1920er und 1930er Jahre massgeblich prägte. Osswald wurde bei alldem jedoch insbesondere nicht müde, die Bedeutung der Sabine'schen Lehre zu unterstreichen:

> Wesentlich Neues ist in den letzten Jahren nicht gefördert worden, doch haben zahlreiche Anwendungen die gute Uebereinstimmung ergeben, so dass die Sabinesche Raum-Akustik heute als durchaus bewährte Wissenschaft dasteht, frei von dem früheren Geheimnisschleier.[47]

Eine der Techniken aus dem Sabine'schen Repertoire von Osswald ist die Luftschallwellenfotografie, auch Ultraschallfotografie oder Schlierentechnik genannt. Nicht ohne Grund hatte Osswald 1934 in seinem Bittschreiben für eine ausserordentliche Professur unter anderem auf die «unübertroffen schöne[n] Schallwellen-Photographien (Schall-Propagation bei Rückwürfen)» verwiesen.[48] Die Bedeutung der Schallwellenfotografie lag dabei genauso in der Methode, komplexe Phänomene zu untersuchen, wie in der Verbildlichung des unsichtbaren Forschungsgegenstandes der Akustik – ein Anliegen, das die Geschichte des Faches seit jeher, im Grunde seit Vitruvs *Zehn Büchern über Architektur* begleitet hat.

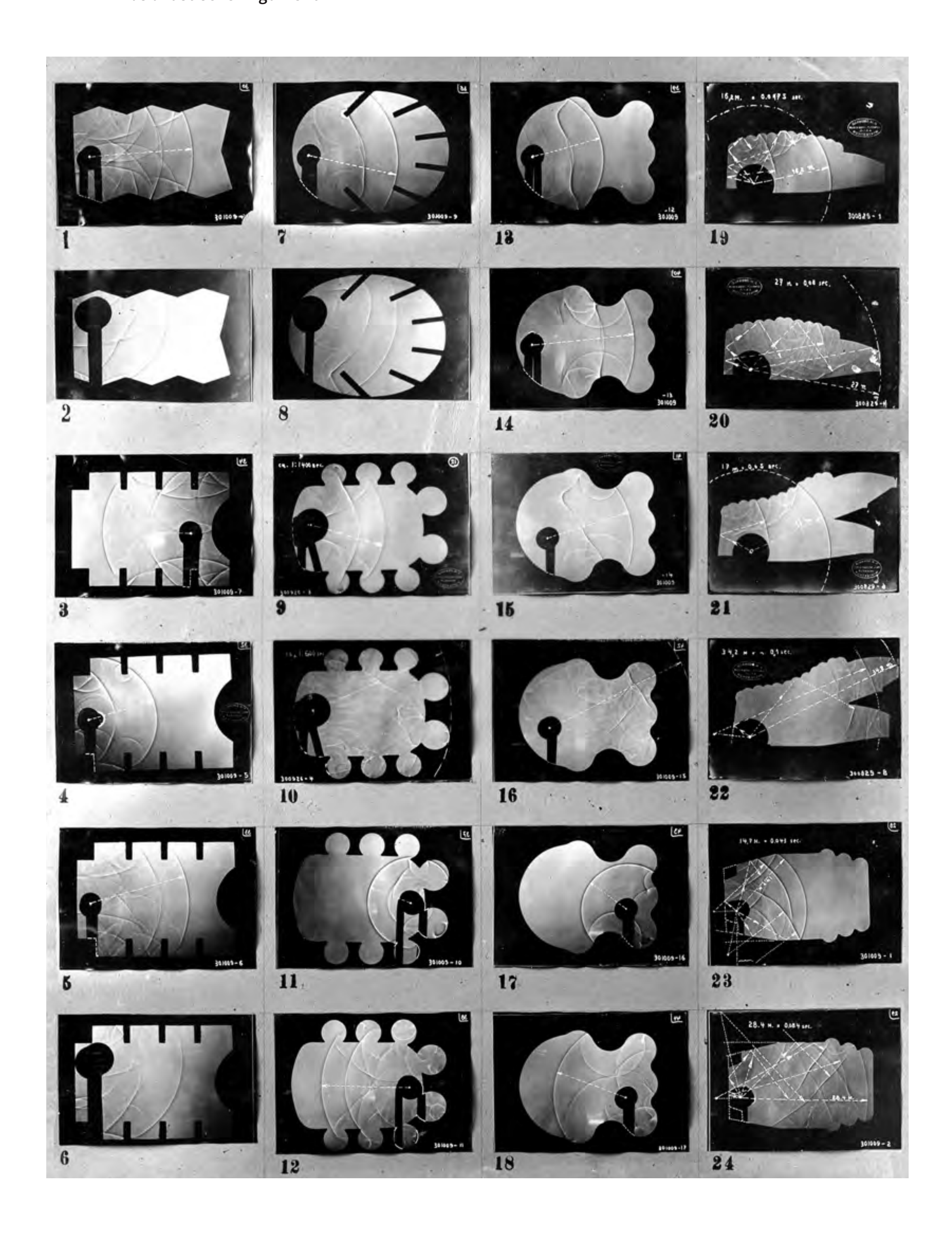




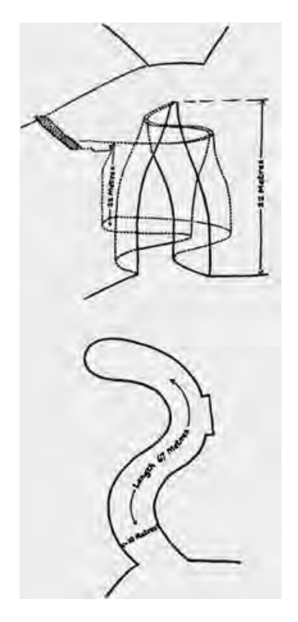
1.09 Oszillografische Aufzeichnung von Schall mit dem «Phonodeik», einem Apparat, mit dem «Schall sichtbar gemacht» wurde, 1916.

1.10 Oszillografische Schallaufzeichnung im Laboratorium für angewandte Akustik der ETH Zürich, 1933.

Ziel war es stets, den Prozess der Schallentwicklung fotografisch «objektiv», am besten sogar in Bewegung darzustellen. Dayton C. Miller war dies bereits 1908 gelungen, als er für die Visualisierung von Schallstrahlen der interessierten Öffentlichkeit eine mechanische Konstruktion präsentierte, die er «Phonodeik» nannte. Schon die Wortkreation «Phonodeik» deutete – in Anlehnung an die bestehenden Begriffe «phonogram», «gramophone» und «telephone» – darauf hin, dass mit diesem Apparat Schall gezeigt wurde.[49] Die Funktionsweise des Phonodeik eignete sich ohne Zweifel bestens für öffentliche Demonstrationen: Die Schallenergie, welche aus einem Schalltrichter gebündelt auf eine Blende traf, brachte einen winzigen, daran gekoppelten Spiegel zum Vibrieren; auf diesen Spiegel nun fiel auch ein gebündelter Lichtstrahl, der für Aufnahmen auf einen Film oder für Live-Vorführungen auf eine Wand gerichtet wurde (Abb. 1.09). Der so mittels einer Übersetzung in das Medium Licht sichtbar gemachte Schall verhalf der Konstruktion schnell zu grosser Publizität. Nachdem die Aufnahmen 1908 in Baltimore erstmals auf einem Treffen der American Physical Society präsentiert wurden, zeigte sie Miller im Jahr darauf ein weiteres Mal in Winnipeg auf einem Treffen der British Association for the Advancement of Science; dann wurde der Apparat noch im selben Jahr, in einer vereinfachten, transportierbaren Variante, auf zwei anderen Physikerkonferenzen vorgeführt. Heute gelten die Aufzeichnungen des Phonodeik als Vorläufer der Oszillogramme (Abb. 1.10).



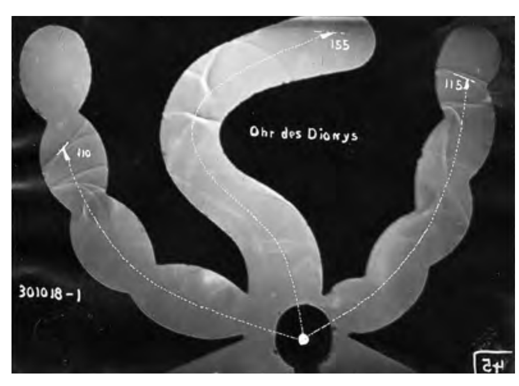

1.11 Kontaktbogen aus einem 124 Bilder umfassenden Album von Franz Max Osswald, in dem dieser seine schallfotografischen Versuche mit Schnittmodellen verschiedenster Raumgeometrien dokumentierte (vgl. Abb. 1.08), Silbergelatine-Abzug auf Papier montiert, 1930–1933.

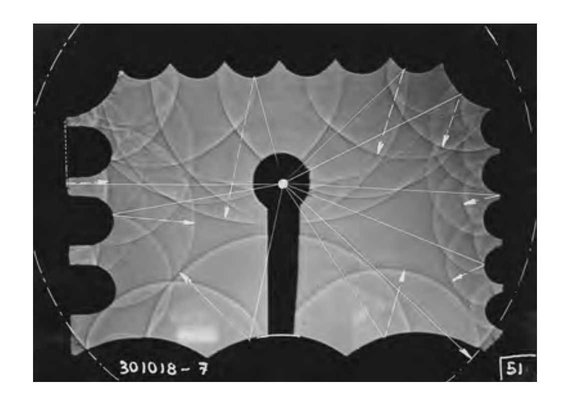


1.12 Die Schallwege in Flüstergalerien oder in der «Ohr des Dionysos» genannten Höhle auf Sizilien sind ein Mysterium, das die Neugierde vieler Akustiker weckte. Seite aus Wallace C. Sabines *Collected Papers on Acoustics*, 1922.

1.13 Auch Osswalds beschäftigte sich mit dem «Ohr des Dionysos»: Fotografisch-akustische Studie im Querschnittmodell vom 18. Oktober 1930.

1.14 Versuchsmodelle mit konkaven Kannelierungen für einen Kinosaal streuten den Schall besser als jene mit Mulden, hier bestätigt mittels einer Fotografie vom 18. Oktober 1930.




Osswalds visuelle Repräsentationen des Schalls nahmen in seinem Laboratorium wie auch in seinem Unterricht einen prominenten Platz ein. Unter den spärlichen Dokumenten, mit denen hier Osswalds Wirken nachgezeichnet wird, finden sich Kontaktabzüge und mehrere Dutzend Bilder seiner Schallwellenfotografien (Abb. 1.11). Weiter zeigt die Nachschrift seiner Vorlesung eine detaillierte Zeichnung des Apparats für Ultraschallwellenfotografie, den er auch in seiner Vorlesung erklärte. Vorbild für den Apparatebau war eine von dem Physiker und Architekten Arthur L. Foley (1867–1945) im Jahr 1922 in der Fachzeitschrift *The American Architect – The Architectural Review* publizierte Beschreibung.[50]

Die Technik der Schallwellenfotografie geht ursprünglich auf ballistische Studien des deutschen Physikers August Joseph Ignaz Toepler (1836–1912) zurück.[51] «Er sah als erster den Schall», liess Toeplers Frau in sein Grabmal

gravieren.[52] Was Toepler sah und sichtbar machte, waren Luftdichteveränderungen, in denen sich das Phänomen Schall ganz anders offenbarte als in früheren Analogie- und Modellbildungen. In der von Foley konzipierten Weiterentwicklung konnte die Technik auch für Studien in Schnittmodellen angewandt werden, wie es Wallace C. Sabine dann Ende 1913 getan hatte.[53] Das Ziel war, die Schallausbreitung in ihren komplexesten Beugungs- und Mehrfachreflexionen zu simulieren. Dabei wurde ein Schnittmodell des Raumes hergestellt, in dem der Schall (entsprechend der Raumverkleinerung in Ultraschall umgerechnet) als Luftdruckwelle zu unterschiedlichen Zeitpunkten fotografisch registriert werden konnte.

Der lange Kasten für die Schallfotografie, den Osswald 1930 nachbaute und 1933 weiter verbesserte, produzierte ein fotografisches Schattenbild der von einem Knall bewegten Luft in einem aus Hartgummi gefertigten Schnittmodell des Raumes im Massstab 1:400 (vgl. Abb. 1.08).[54] An dem einen Ende des 2,6 Meter langen Tubuskastens war eine matte Glasscheibe für die fotomechanische Aufzeichnung angebracht, am anderen Ende wurde ein Belichtungsfunken von einer Millionstelsekunde ausgelöst. In der Mitte stand das Profil des zu prüfenden Raumschnitts, in dem ein Knallfunke gezündet wurde. Dieser war der akustische Impuls, der im Modell die zu fotografierenden Schallwellenfronten auslöste. Das Zeitintervall für die Zündung von zwei aufeinander folgenden Funken zwischen einer Zweitausendstel- und einer Zwanzigtausendstelsekunde anzulegen, war eine der grössten Herausforderungen dieser Technik.

Obwohl sich Sabine selbst zurückhaltend zum Erkenntnisgewinn aus den Fotografien äusserte und keinerlei Hinweise auf weitere fotografische Versuche in seinen Unterlagen gefunden wurden, machte sich Sabines Bewunderer Osswald die Schallfotografie spätestens 1930 in seiner eigenen Praxis ausführlich zueigen.[55] Nicht nur Sprechtheater und Kinosäle, auch Flüstergalerien untersuchte Osswald mit der Luftschallwellenfotografie. Die «Ohr des Dionysos» genannte Höhle im sizilianischen Syrakus mit ihren Resonanz- und Echophänomenen faszinierte die akustischen Forscher in dieser Hinsicht schon seit Jahrhunderten. Auch Sabine hatte sich mit ihren naturgeschaffenen Flüstergewölben beschäftigt, wie einige Seiten seines in den *Collected Papers on Acoustics* veröffentlichten Aufsatzes «Whispering Galleries» zeigen (Abb. 1.12).[56]

So fand der Höhlenquerschnitt auch Eingang in das Repertoire der Hartgummimodelle, mittels derer Osswald mit seiner langen Kiste für Schallwellenfotografie die Schallverteilung fotografisch dokumentierte (Abb. 1.13).[57] Beinahe so fantastisch wie diese nach der sizilianischen Höhle kon-

struierten Geometrie wirken die Saalquerschnitte mit Kannelierungen und Mulden, anhand derer Osswald den Einfluss der Oberflächen auf die Schallstreuung untersuchte (Abb. 1.14).[58] Eine seiner Studienserien widmete sich dem 1926 für Stummfilme erbauten Zürcher Kino Scala, wo dank der Wandfaltungen auch nach der Einführung des Tonfilms nur eine geringe Schalldämpfung erforderlich war. Zudem konnten in ihnen Luftkanäle und Leitungen gut untergebracht werden.[59]

Osswalds aufwendig produzierte Schallwellenbilder, die für Architekten verständlicher waren als manche Berechnung, unterstützten die Verbreitung der modernen akustischen Wissenschaften: Das ephemere und unsichtbare Phänomen des Schalls, festgehalten auf Papier, erschien einfacher fassbar und vermittelbar als die Theorie. Diese Bilder und vor allem die von Hand darauf eingezeichneten Schallwege zeugen vom Eifer einer Beweisführung und von einer mitunter forcierten Bestätigung von Vermutungen. Bei der Vermittlung von akustischem Wissen an Architekten scheinen gerade solche in Bildern festgehaltene Beweisführungen und Bestätigungen hilfreich gewesen zu sein. Insbesondere im Medium Fotografie war schliesslich ästhetische Anschaulichkeit mit technischer Modernität vereint.

Die Vermessung der Töne verlangte seit der Einführung objektivierter Verfahren gleichsam das Ausschliessen der persönlichen Wahrnehmungen. Osswald jedoch hatte seine Karriere in jenen Jahren begonnen, als das Hören mit den eigenen Ohren noch unverzichtbarer Teil der akustischen Methoden war.[60] Sind diese Bilder schlussendlich motiviert von einem Gefühl, das durch die fotografische Unschärfe in eine Art Symbiose mit den modernen, objektivierenden Techniken eintreten konnte? Für einen Zufallsfund bedarf es nämlich in den Worten des Wissenschaftshistorikers Hans-Jörg Rheinberger «eine[r] Art von Aufmerksamkeit, die einen scharfen Sinn für Nebentöne beinhaltet» und «nicht zu starr auf ein ausgemachtes Ziel ausgerichtet ist, eine schwebende Aufmerksamkeit also.»[61]

### Elektroakustische Techniken im Fokus (ab 1944)

Osswalds Karriere als Experte für angewandte Akustik war steil, aber kurz. Bereits im Laufe der 1930er Jahre klang das Interesse an seinen Arbeiten ab und eine jüngere Generation besetzte das Thema. Als Osswald am 21. Mai 1944 verstarb, wurde die Vorlesung zwar fortgesetzt, allerdings unter anderen Vorzeichen.[62] Der Elektroingenieur Willi Furrer übernahm die Lehrveranstaltung «Raum-Akustik und Schall-Isolation» an der Abteilung I (Architektur) und führte sie später unter dem Titel «Bauakustik und Schall-Isolation», danach als «Bau- und Raumakustik/Lärmabwehr» weiter.[63]

Furrers Vorlesung sowie seine Forschungsarbeiten waren der Abteilung für Elektrotechnik an der damaligen Abteilung III (Maschineningenieurwesen und Elektrotechnik) angegliedert. Nach seiner Habilitation *Beitrag zur Akustik von Radio-Studios* las Furrer ab dem Wintersemester 1942 die Vorlesung «Elektroakustik I». Furrer wurde vor allem für seine profunden elektrotechnischen Kenntnisse gerühmt und hatte weitaus weniger Schwierigkeiten, die Relevanz seines Forschungsgebiets gegenüber der ETH Zürich zu vertreten als sein Vorgänger Osswald, dessen Apparate einige Jahre später, wie ein früherer Mitarbeiter sich erinnerte, einfach weggeräumt wurden. Osswalds Hallraum und der daneben gelegene Messraum blieben zwar bis 1953 der akustischen Forschung zugewiesen, es ist aber anzunehmen, dass sie nach seinem Tod 1944 zunächst weniger und schon vor 1953 anderweitig genutzt wurden.[64]

Der Generationenwechsel von Franz Max Osswald zu Willi Furrer bot 1944 innerhalb der ETH Gelegenheit, Status wie Gewicht des Fachs Akustik zu hinterfragen. Als Leiter der schweizweit führenden Forschungsanstalt in Fragen der angewandten Akustik forderte der damalige Generaldirektor der schweizerischen Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe (PTT) Alois Muri (1879–1971), dass dem Gebiet auch seitens der Hochschule mehr Beachtung geschenkt werde.[65] Er wünschte, dass die Raum- und Bauakustik und die Elektroakustik, die nun an verschiedenen Abteilungen von Willi Furrer betreut wurden, infolge der neueren Entwicklungen in einem eigenen Fachbereich für Akustik zusammengefasst würden. Im Anschluss an eine Besprechung vom 13. Juni 1944 wandte sich Muri schriftlich an Arthur Rohn, den mittlerweile seit fast zwanzig Jahren amtierenden Präsidenten des Schweizerischen Schulrats und also das oberste Führungsorgan der ETH, der bereits über Osswalds Habilitationsgesuch zu befinden hatte. «[Ü]ber die Pflege der Akustik an der E.T.H.» hielt Muri gegenüber Rohn fest:

> Vom nächsten Semester an wird sich die Situation auf diesem Gebiet insofern verbessert haben, als die Raum- und Bauakustik mit der Elektroakustik zusammengelegt sein wird. Dies scheint eine sachlich richtige Lösung zu sein, da heute in der ganzen Akustik die elektroakustische Messtechnik die frühern, fast ausschliesslich mechanischen Verfahren verdrängt hat, so dass sich die Grenze zwischen der Bauakustik und der Elektroakustik immer mehr verwischt. […] Die Akustik ist heute ein für die ganze Technik so wichtiges Gebiet, dass die E.T.H. seiner Pflege vermehrte Aufmerksamkeit schenken sollte.[66]

Auf der Sitzung vom 15. September 1944 behandelte der Schulrat der ETH Zürich die Anfrage und entschied, dass für die Akustik kein eigener Lehrstuhl eingerichtet werden solle. Die Äusserungen der Hochschulleitung gegenüber Muris mehrfachen Anfragen sind widersprüchlich, aber allesamt ablehnend. In den Protokollen wurde vermerkt, bei den PTT seien bereits genügend Laboratorien vorhanden, um dort Forschung zu betreiben; gleichzeitig wurde der Forschungsanstalt der PTT vorgeworfen, sich nicht auf ihren Auftrag in den Anwendungen zu beschränken und in den Kompetenzbereich der Grundlagenforschung an den Hochschulen einzugreifen. Auch sei, so der Schulrat, die Raumakustik gar keine theoretische Disziplin.[67]

Für diese Argumentation berief man sich hauptsächlich auf die Empfehlungen des Physikers und damaligen Vorstehers der Abteilung für Mathematik und Physik Paul Scherrer (1890–1969). Schulratspräsident Rohn hatte Scherrer um eine Stellungnahme zum Brief des Generaldirektors der PTT vom 13. Juni 1944 gebeten. Scherrer gliederte die Akustik in seiner Antwort vom 21. Juli in «deutlich drei ganz getrennte Forschungsrichtungen, die sozusagen nie am gleichen Institut bearbeitet werden», und äusserte sich als Erstes zur Elektroakustik:

> 1) Die sogenannte Elektro-Akustik ist wohl der wichtigste Zweig der modernen Akustik, der die elektroakustischen Apparate für Tonerzeugung und für Tonübermittlung bearbeitet und sich mit der Herstellung von Schallmessapparaten befasst. Dieser Zweig hat im letzten Jahrzehnt ausserordentliche Fortschritte aufzuweisen, und an diesem Gebiete ist die schweizerische Schwachstromindustrie hervorragend interessiert.[68]

Nicht zuletzt deshalb riet Scherrer, der Elektroakustik einen Platz an der ETH einzuräumen. Dagegen gab er der angewandten wie der physiologischen Akustik weniger Gewicht:

> 2) Die Raumakustik und Lärmbekämpfung. Hier werden hauptsächlich die Hörsamkeitsverhältnisse von Räumen untersucht und störende Schallvorgänge gedämmt. Es handelt sich um ein Gebiet, bei dem die theoretischen Fragestellungen weitgehend geklärt sind, wo aber wegen der oft praktisch sehr komplizierten Sachlage grosse praktische Erfahrung nötig ist, und bei dem das Gefühlsmoment eine grosse Rolle spielt. Dieses Gebiet wird meist von einem prak-

> tisch arbeitenden Ingenieur vertreten; es bietet wenig wirklich wissenschaftliches Interesse.[69]

In seiner Stellungnahme verwendete Scherrer gleich drei Mal das Wort «praktisch». Darin sind unschwer seine Vorbehalte gegenüber Osswalds praxisnaher Wissenschaft herauszulesen. Sie spiegeln sich auch in der inkorrekten Bezeichnung der Vorlesung wider, die zu Anfang der 1940er Jahre als «Bauakustik und Schall-Isolation» verzeichnet war. Scherrer ersetzte in seinem Schreiben den zweiten Teil der Bezeichnung durch «Lärmbekämpfung» und rückte damit das Thema in die Nähe der Psychologie sowie des gesellschaftlichen und politischen Diskurses.

In den 1920er Jahren, als Osswald mit finanzieller Unterstützung der 1918 gegründeten eidgenössischen Volkswirtschaftsstiftung sein Laboratorium einrichtete, suchte die Hochschulforschung die Nähe zu den Produktionsstätten. In den 1930er Jahren wurden dagegen nicht nur Gelder gekürzt, man wurde auch argumentativ nicht müde, die Grundlagenforschung von der Ingenieurtechnik abzugrenzen.[70] Die von Scherrer betonte Ausrichtung auf Grundlagenforschung stand der Idee, die angewandte Akustik als eigene Disziplin mit einer Professur an der ETH Zürich zu etablieren, denkbar ungünstig entgegen. Mit der Feststellung, dass die «theoretischen Fragestellungen weitgehend geklärt» seien und das Gebiet von «wenig wirklich wissenschaftliche[m] Interesse» sei, entzog er der Raum- und Bauakustik letztlich ihre Legitimation als Hochschulfach.

Nachdem Scherrer die Raumakustik mit der Lärmbekämpfung gekoppelt hatte, schloss er mit wenigen Worten auch die «physiologische Akustik» an der ETH aus:

> 3) Die physiologische Akustik befasst sich mit dem Hörvorgang beim Menschen, also mit dem Mechanismus des Ohrs. Dieses Gebiet [...] passt schlecht an eine Technische Hochschule. Es sollte eher an die medizinische Fakultät einer Universität angegliedert werden, wo der nötige Kontakt mit der Physiologie und das nötige Verbrauchsmaterial vorhanden sind.[71]

In seiner gut einen Monat später verfassten Antwort an PTT-Direktor Muri übernahm Rohn schliesslich diese Teilung der Disziplin in «Elektroakustik», «Raumakustik und Lärmbekämpfung» und «physiologische Akustik» wie auch Scherrers Bewertungen derselben fast wörtlich.[72] Im Protokolleintrag, der festhielt, dass die Akustik «sich der wissenschaftlichen Forschung

entzieht, da sie hauptsächlich Fragen der praktischen Anwendung und der Empirie behandelt», war Scherrers Skepsis dem «Gefühlsmoment» gegenüber und seine Empfehlung, keinen besonderen Lehrstuhl für die Akustik einzurichten, sogar noch eindeutiger formuliert.[73]

Die «Pionierarbeit», für die Osswald auf dem Gebiet der Raumakustik 1928 anlässlich seiner Habilitierung noch gelobt worden war, leistete in den Augen des Schulrats der ETH Zürich nun die Elektroakustik – und diese Verschiebung in den Prioritäten hatte nicht zuletzt mit internationalen Entwicklungen, aber auch mit Osswalds Nachfolger zu tun.

Als Furrer nach Osswalds Tod dessen Vorlesung an der Architekturabteilung übernahm, orientierte er sich wie sein Vorgänger an Nordamerika, wo sich das wissenschaftliche Umfeld unterdessen ebenfalls stark gewandelt hatte. In seinem Reisebericht zuhanden der Abteilung Versuche und Forschung der Generaldirektion der PTT richtete Furrer 1947, wie schon in seiner Habilitation, das Hauptaugenmerk auf die Radiotechnik. Er interessierte sich jedoch ebenso für Telefonie und Fernsehen und berichtete auf acht Seiten über Ausbildung und Laboratorien der nordamerikanischen Hochschulen.[74] Furrer betonte, dass bei der Grundlagenforschung an den Hochschulen wie auch bei der industriellen Forschung «überall darauf geachtet wird, die beiden Forschungsarten unbedingt scharf voneinander zu *trennen*».[75]

Furrers Ehrgeiz war gleichwohl etwas mehr Fortune beschienen als dem seines Vorgängers. Im Oktober 1948 einigte sich die ETH Zürich auf die erste Professur im Bereich der Akustik in der Geschichte dieser Hochschule. Furrer, so hiess es in der Begründung, habe den von Osswald übernommenen Unterricht nicht nur weitergeführt, sondern mit einem «ausgezeichneten Lehrerfolg» ausgebaut und die Forschungsarbeiten im Laboratorium vertieft.[76] Genau genommen handelte sich um eine Titularprofessur an der Abteilung für Elektrotechnik, denn eine volle Professur wollte man auch Furrer nicht einräumen.[77] Aus welchen Gründen auch immer, 1958 wechselte er hauptberuflich zur Radio Schweiz AG nach Bern und also in die Privatwirtschaft.[78] Dass er nebenher trotzdem noch bis 1976, und damit sogar fünf Jahre über seine Pensionierung hinaus, die Vorlesung zur Raum- und Bauakustik an der Architekturabteilung hielt, bezeugt zugleich, wie sehr ihm der Bereich am Herzen lag.[79]

Die Objektivierung der akustischen Parameter und der Status der Wissenschaft, die sich darum bemühte, blieben derweil eine umstrittene Sache. Die ETH hält bis heute daran fest, keine Professur für Akustik einzurichten.

## Standardisierte Einheiten, automatisierte Verfahren

> The problem is necessarily complex, and each room presents many conditions, each of which contributes to the result in a greater or less degree, according to circumstances. To take justly into account these varied conditions, the solution of the problem should be quantitative, not merely qualitative [...].[80]
>
> Wallace C. Sabine, «Architectural Acoustics I», 1900

Insbesondere seit der wissenschaftshistorischen Aufarbeitung der modernen Akustikgeschichte durch Emily Thompson gelten die Forschungen des amerikanischen Physikers Sabine um das Jahr 1900 als Initialzündung für die moderne Raumakustik. 1900 prägte sich insbesondere durch zwei Ereignisse in die Geschichtsschreibung dieser modernen mathematisch-theoretisch begründeten Lehre ein:[81] die Veröffentlichung der Formel zur Bestimmung der Nachhallzeit und die Eröffnung der danach ausgelegten Boston Symphony Hall. Beide Ereignisse sind mit dem Namen Wallace Clement Sabine verbunden.

Sabines Formel für die Nachhallzeit drückte das Wissen um Töne und Musik in naturwissenschaftlichen Parametern aus und veränderte damit nicht nur deren Beschreibungen, sondern auch deren Wahrnehmungen. Klangqualität war nicht mehr abhängig von einer subjektiv-ästhetischen Empfindung, sondern liess sich fortan in Sekunden des Nachhalls und in anderen Parametern ausdrücken. Dieses Verlangen nach einer objektiven Beurteilung prägte auch die Messmethoden, welche um 1930 schliesslich automatisiert und ohne die Zuhilfenahme des Ohrs möglich wurden.

### Neue Parameter in der Raumakustik (ab 1900)

Weltweit folgten die Vertreter der jungen Disziplin der Akustik den in Sabines *Collected Papers on Acoustics* dargelegten Methoden. In der ersten Folge der siebenteiligen Artikelserie «Architectural Acoustics», die 1900 in *The American Architect and Building News* erschien, disqualifizierte Sabine die Proportionenlehre, wenn sie direkt auf die Dimensionen von Räumen übertragen wurde, um so einen guten Klang zu erzeugen: Aus Sicht der Physik entbehrten diese ästhetischen Theorien jeglicher wissenschaftlichen Basis. Sabine widerlegte explizit die Idee der Zahlenharmonien als raumakustische Entwurfsgrundlagen. Zu Beginn seines Zeitschriftenbeitrags kritisierte der

Physiker die insgesamt ohnehin eher spärliche Literatur zum Thema als nicht belegt und weit hergeholt:

> Thus the most definite and often repeated statements are such as the following: that the dimensions of a room should be in the ratio 2:3:5, or according to some writers, 1:1:2, and others, 2:3:4; it is probable that the basis of these suggestions is the ratios of the harmonic intervals in music, but the connection is untraced and remote. Moreover, such advice is rather difficult to apply; should one measure the length to the back or to the front of the galleries, to the back or the front of the stage recess? Few rooms have a flat roof, where should the height be measured?[82]

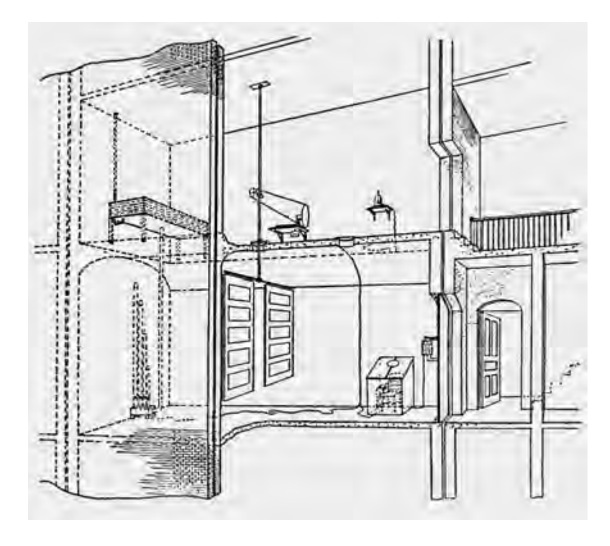
Der junge Physiker entkräftete hier in wenigen Sätzen über Jahrhunderte kaum hinterfragte Traditionen der Kunst- und Architekturgeschichte, welche die Proportionen als das grosse verbindende Element zwischen Akustik und Architektur betrachteten.

> The problem is necessarily complex, and each room presents many conditions, each of which contributes to the result in a greater or less degree, according to circumstances. To take justly into account these varied conditions, the solution of the problem should be quantitative, not merely qualitative [...].[83]

Gerade aufgrund der Komplexität des Problems und der Vielfalt der räumlichen Bedingungen, so Sabine, sei eine präzise mathematische, quantitative Berechnung notwendig.

Es war weniger der zu volle oder zu knappe Klang von Musik als die schlechte Verständlichkeit von Sprache, welche die Initialzündung für raumakustische Forschungen lieferte: 1895 beauftragte der Präsident der Harvard University Charles William Eliot (1834–1926) Sabine, das Auditorium des zur Universität gehörenden und gerade erst eröffneten Fogg Art Museum zu untersuchen. Im halbrunden Grundriss des Saals und unter den Kuppelbögen wurde der Schall derart störend gebündelt, dass man den dort gehaltenen Vorlesungen wegen der Echos kaum folgen konnte, woraufhin sie in andere Räume verlegt werden mussten.[84] Eliot wies Sabine an, eine Messmethode für Schall zu entwickeln.

Nach ersten Proben beschloss Sabine, den Schall nicht nur als Intensität zu betrachten, sondern ihm zuzuhören und die Nachhallzeit zu analysieren.

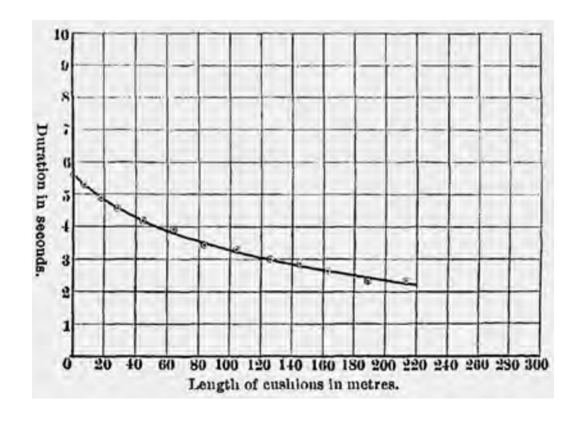


**1.15 Möglichst isoliert von der Aussenwelt führte Wallace C. Sabine seine Experimente im Keller des Jefferson Physical Laboratory der Harvard University durch. Illustration aus Wallace C. Sabines *Collected Papers on Acoustics*, 1922.**

Mit einer Installation bestehend aus einer Stoppuhr und einer Luftpumpe, auf die er ein Ventil und eine Orgelpfeife montiert hatte, mass er die Abnahme der Schallenergie unter verschiedenen Bedingungen und entdeckte, dass poröse und weiche Oberflächen mehr Schallenergie absorbierten als nackte Wände.

Die Zeit, bis der Ton einer auf «C» (512 Hertz) gestimmten Orgelpfeife im Raum abklang, nachdem der konstant gehaltene Winddruck abgestellt worden war, bestimmte der Physiker mit dem eigenen Gehör. Sobald der Ton für ihn nicht mehr hörbar war, konnte Sabine – von einer beliebigen Stelle im Raum aus – die Stromzufuhr zum Chronografen unterbrechen. Die so gemessenen Intervalle im Bereich zwischen 0,5 und 4 Sekunden wiesen in der rechnerischen Mittelung eine Abweichung von nur 0,02 Sekunden auf.[85] Sabine führte seine Experimente im Keller des Jefferson Physical Laboratory der Harvard University und damit möglichst tief unter der Erde durch, damit die Apparate weniger Vibrationen ausgesetzt waren und vom Strassenlärm nicht gestört wurden, und dies denn auch vorwiegend nachts, um die beeinträchtigenden Fremdfaktoren zusätzlich zu verringern (Abb. 1.15).[86]

Er stellte bei seinen Messungen fest, dass Kissen und Stoffe einen Einfluss auf die Dauer des Abklingens hatten, und manipulierte sie absichtlich. Dazu legte er Sitzkissen aus einem anderen, akustisch viel besseren Vortragssaal im problematischen Saal des Fogg Art Museum aus. Trotz aller Mühen fand er zunächst einmal keine logische Erklärung für den Einfluss der Kissen und Stoffe auf die Dauer des Nachhalls. Auf Druck von Präsident Eliot gab Sabine 1897 dennoch eine erste Empfehlung: Im wegen des Nachhalls nicht tauglichen Vortragssaal sollten Filzplatten aufgehängt werden. Ihm zufolge




1.16 Sabines Diagramm, das den Zusammenhang von Kissen in Laufmetern und Nachhallzeit nachwies, publiziert am 21. April 1900 in *The American Architect and Building News*.

resultierte aus dieser Massnahme keine hervorragende, aber eine völlig brauchbare («not excellent, but entirely serviceable») Raumakustik.[87] Die von Sabine verwendeten Kissen gelten bis heute als «first unit of acoustical absorption», wie im wissenschaftlichen Archiv der Harvard University handschriftlich definiert ist.[88] In zahllosen Experimenten mit mehr und mit weniger Kissen hatte Sabine die Zeit gemessen, bis ein Ton nicht mehr hörbar war, wobei er feststellte, dass bei mehr absorbierender Oberfläche die Töne weniger lang im Raum nachhallten. Die Erkenntnis, dass weiche Stoffe den Schall absorbierten, während harte Oberflächen diesen reflektierten, bildete die zentrale Grundlage der modernen Raumakustik.

Gleichwohl brachte Sabine erst der Folgeauftrag durch den Gründer des Boston Symphony Orchestra Henry Lee Higginson (1834–1919) den eigentlichen Durchbruch – mit der physikalischen Beschreibung der Nachhallzeit durch eine mathematische Formel. McKim, Mead and White, eines der wichtigsten nordamerikanischen Architekturbüros der Jahrhundertwende, zog den noch wenig bekannten Sabine als Spezialisten für die Akustik des Konzertsaals heran. Auf Initiative von Charles McKim (1847–1909) waren er und seine Partner die ersten unter zahlreichen Architekten, die sich für die Raumakustik von einem Physiker beraten liessen. Während des Entwurfsprozesses für die Boston Symphony Hall bewirkte der junge Professor der Harvard University, dass das Gesamtvolumen reduziert und eine zweite Galerie eingefügt wurde, auch beriet er die Architekten während der Planung des Konzertsaals hinsichtlich der Orgelposition und der Verwendung verschiedener Materialien – wobei er sich nicht allein auf seine Formel verliess. Als Sabine gefragt wurde, ob die Bühne mit Holz verkleidet werden solle, antwortete er, dass die kleine Fläche die akustischen Werte wenig ändere, sehr wohl aber einen Einfluss auf die subjektive öffentliche Beurteilung habe und so die Akzeptanz des Auditoriums verbessern könnte.[89]

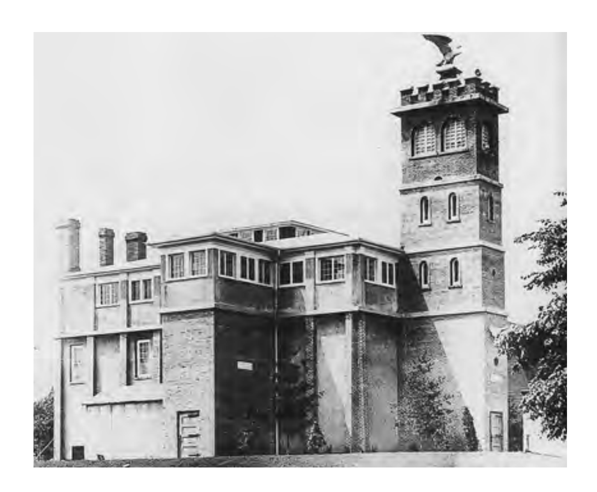
Spätestens Sabines siebenteilige Artikelserie «Architectural Acoustics» in *The American Architect and Building News* im Jahr 1900 gab dem neuen Teilgebiet der Akustik seinen Namen.[90] Nachdem Sabine in der ersten Folge der Artikelserie, wie bereits beschrieben, hauptsächlich den Einfluss der Proportionen auf die Akustik relativiert hatte, belegte er in der zweiten Folge den direkten Zusammenhang zwischen der im Raum vorhandenen Absorption, gemessen anhand der Menge von Sitzkissen in Laufmetern, und der Dauer des Nachhalls (Abb. 1.16).[91] Aufgrund weiterer Messungen der Nachhalldauer in anderen Räumen erstellte Sabine eine Gleichung, aus welcher er eine Konstante ableiten konnte, nämlich «equal to about .171V in the present experiments, but dependent on the initial intensity of the sound».[92] Mit dieser Annäherung konnte Sabine für beliebige Räume Volumen, Absorption und Nachhalldauer in Beziehung setzen. Die heute als «äquivalente Absorptionsfläche» bekannte Schallschluckoberfläche nannte Sabine «open-window unit», weil der Schall, wo er absorbiert wird, wie durch ein offenes Fenster entschwindet.[93]

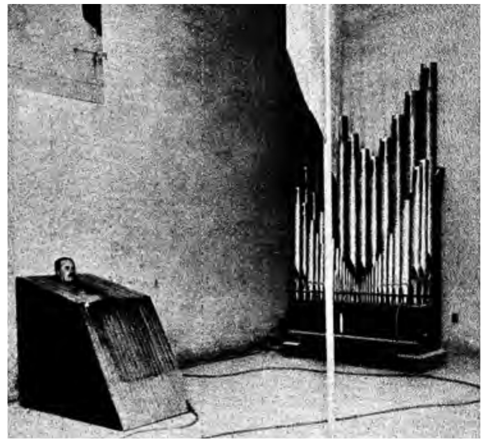
### Bauakustische Versuchsanordnungen (ab 1918)

Im Jahr 1913 beauftragte George Fabyan (1867–1936), der Leiter der privaten Riverbank Laboratories im amerikanischen Geneva, Illinois, Wallace C. Sabine mit der Planung eines Baus für akustische Forschung. 1918 fertiggestellt, wurde das nach Sabine benannte Labor schliesslich noch kurz vor dessen Tod in Betrieb genommen.[94] Es handelt sich hierbei um das erste dokumentierte freistehende Laboratorium, das eigens der Raumakustik gewidmet war (Abb. 1.17).[95] Paul E. Sabine, der bis anhin mit Akustik wenig Erfahrung sammeln konnte, wurde anstelle seines nur 50-jährig verstorbenen entfernten Cousins mit der Forschungsleitung betraut. Die Zeitschrift *Nature* berichtete seinerzeit:

> The Wallace Sabine laboratory of acoustics [...] is a three-story building of brick and concrete specially erected for its purpose and forms a unique design, consisting of two structures under one roof, an inner room or sound chamber completely insulated from an outer shell.[96]

Das Raum-im-Raum-Konzept umschloss im Inneren eine möglichst isolierte Umgebung. Die zweischalige Konstruktion sollte Vibrationen und Schallwellen von aussen komplett dämmen. Die Wände dieses inneren Raumes aus 18 Zoll (circa 46 Zentimeter) dicken Backsteinmauern waren aussen





**1.17 Der erste eigens der akustischen Forschung gewidmete freistehende Bau: das von Wallace C. Sabine konzipierte und 1918 fertiggestellte Laboratorium in Riverbank, Geneva, Illinois, präsentiert in der Zeitschrift *Nature*, 1922.**

**1.18 Der Hauptraum des akustischen Laboratoriums in Riverband mit Orgel und «Mann in der Kiste», der dem Nachhall zuhörte, um 1920.**

zusätzlich mit Zement und innen zusätzlich mit Holzfasergips isoliert; eigene Fundamente sollten zudem sicherstellen, dass keine Erschütterungen von aussen auf die inneren Wände übertragen würden.[97] Im Hauptraum dieser zwiebelschalenartig in Schichten aufgebauten Versuchsanlage erschallte die Orgel in den erwünschten Reintönen und Akkorden (Abb. 1.18, 1.19). In der Holzkiste, als innerste Raumschicht des Gefüges, sass ein Physiker – weil seine Ohren Teil der Messanordnung waren.

Bald war das Akustiklaboratorium in Geneva nicht mehr das einzige freistehende Gebäude zum Zweck solcher wissenschaftlicher Forschungen. Von besonderer Bedeutung war in diesem Zusammenhang insbesondere das 1922 fertiggestellte Sound Building auf dem Gelände des National Bureau of Standards (NBS) in Washington, D.C.[98] Der zweigeschossige Bau war in erster Linie darauf ausgelegt, den Schalldurchgang zwischen Räumen zu prüfen. In dem quaderförmigen Gebäude lagen vier ähnlich grosse Räume, zwischen denen ein Wand- und ein Deckenteil ausgespart waren, damit Bauteile eingesetzt und akustisch getestet werden konnten (Abb. 1.20).[99] Die Abteilung für Akustikforschung wuchs rasch: Ein zweites Laboratorium der 1919 am NBS eingerichteten Sound Section, ein grosser Hallraum (Reverberation Chamber), wurde 1928 eröffnet.[100] Die beiden Akustiklaboratorien des National Bureau of Standards wurden in den 1930er Jahren rege genutzt. Im Zuge der weiteren wissenschaftlichen Entwicklung galten sie aber schon in den folgenden Jahren, spätestens nach dem Zweiten Weltkrieg, als veraltet und wurden in einer Studie von 1948 zum Abriss freigegeben.[101]

Die unterschiedliche Architektur der Laboratorien spiegelt den unterschiedlichen Fokus in den Forschungsmethoden wider: Obwohl die Laboratorien in Illinois und Washington, D.C., in einem zeitlichen Abstand von wenigen Jahren erstellt wurden, unterschieden sie sich in den darin geschaffenen Rahmenbedingungen, was sich unter anderem an der räumlichen Gliederung ablesen lässt. Anders als beim NBS gruppierten sich die Räume in Riverbank hierarchisch um den zentralen Hauptraum mit einer Orgel. Es ging also vornehmlich um den Nachhall in diesem Raum. Wie Sabines erstes akustisches Laboratorium im Untergeschoss des Jefferson Physical Laboratory der Harvard University war auch sein Neubau in Geneva primär auf Nachhallmessungen ausgelegt. In Washington dagegen gab es keinen Hauptraum. Von zentraler Bedeutung waren hier die Trennwände zwischen den Räumen und ihre Schalldurchlässigkeit, also die Bauakustik.

In seinem 1932 erschienenen Standardwerk *Acoustics and Architecture* beanspruchte Paul E. Sabine Pionierstatus für seinen entfernten Cousin, sei dieser doch schon vor 1915 im Harvard-Laboratorium zu richtungsweisenden Erkenntnissen bei der Messung der Schallisolation gelangt. In diesen Experimenten zum Schalldurchgang in Wandelementen wurde das zu testende Element in die Türöffnung montiert.[102] Erst während der 1920er Jahre, mit der wachsenden Industrieproduktion von akustischen Dämmungen und Absorbern, rückten auch solche Messungen in den Vordergrund.

Welche Methoden allerdings der Bauindustrie den Weg weisen sollten, zeigte sich im Laufe der Zeit. 1930 publizierte das nur wenige Monate zuvor aus der Taufe gehobene *JASA* zwei Berichte über den Stand der bauakustischen Forschungen: In dem einen informierte Paul E. Sabine über die Messungen in den Riverbank Laboratories in Geneva; der zweite Bericht stammte von Vivian L. Chrisler (1885–1953), der seit 1923 in der Sound Section des NBS in Washington, D.C., forschte.[103] Chrisler war massgeblich am Aufbau der dortigen bauakustischen Forschung beteiligt und publizierte zwischen 1926 und 1940 zum Thema Schallmessung und -isolation, meist im Zusammenhang mit dem Wohnungsbau.[104]

Beide Autoren kommentierten Wallace C. Sabines Nachhallformel, hauptsächlich aber richteten sie ihre Aufmerksamkeit auf die Schallisolation. Da beide Fachbeiträge in derselben Nummer veröffentlicht wurden, liegt die Vermutung nahe, dass die Redaktion die Methoden und Messresultate der Laboratorien zu vergleichen beabsichtigte. Der Beitrag von Paul E. Sabine breitete auf 21 Seiten in tabellarischer Form detailliert die Messwerte aus, die bei unterschiedlichen Materialien in den Riverbank Laboratories ermittelt wurden (Abb. 1.21). Mit Routine und Fleiss praktiziert, führten Paul E. Sabines

fast endlose Messungen des Schalldurchgangs durch diverse Bauteile indes zu keiner nennenswerten Erkenntnis über deren schalldämmende Eigenschaften. Vielmehr stellte er fest, dass in den verschiedenen nordamerikanischen akustischen Laboratorien unterschiedliche Werte gemessen wurden.

Sabines detailreiche Ausführungen folgten auf den kürzeren Text von Vivian L. Chrisler vom NBS. Auf sechs Seiten bot Chrisler hier einen Überblick über den Stand der Raum- und Bauakustik an seinem Institut. Bereits diese knappe und klare Darlegung vermittelte einen anderen wissenschaftlichen Zugang: Am National Bureau of Standards wurde nicht nur gesammelt, sondern so lange ausgewertet, bis objektivierte und allgemeingültige Aussagen präsentiert werden konnten. Chrisler stellte fest, dass die numerischen Werte der experimentellen Messungen allein nichts aussagten, da unter ungleichen Bedingungen gemessen wurde. Die Grösse, die Proportionen und vor allem die Bauweise der Laboratorien beeinflussten die Messresultate. In einem einzigen Diagramm verglich er die Messwerte von drei amerikanischen Instituten. Mit Hilfe einer logarithmischen Analyse der Zusammenhänge visualisierte er dabei das lineare Verhältnis zwischen der gemessenen Lautstärke und dem Gewicht der Testmaterialien auf drei geraden Linien (Abb. 1.22).[105] Damit erreichte er nicht nur eine prägnante Darstellung, sondern demonstrierte auch die Übertragbarkeit der physikalischen Resultate auf andere Situationen.

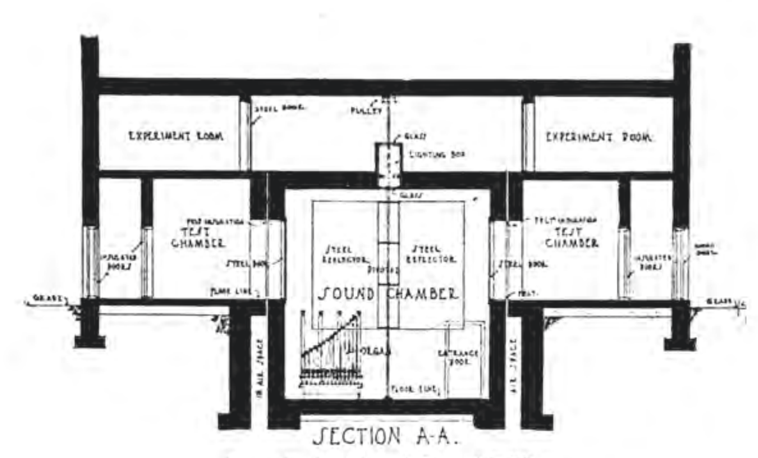
Auf der einen Seite die tabellarische Sammlung verschiedenster Materialien von Paul E. Sabine, auf der anderen der mathematisch ermittelte Zusammenhang von Schallisolation und Materialgewicht von Chrisler: Vorgehen und Präsentation hätten ungleicher kaum sein können. Die akustischen Wissenschaften hatten sich entlang zweier Methoden entwickelt, nämlich dem fleissigen empirischen Sammeln und der analytisch ermittelten Verallgemeinerung.

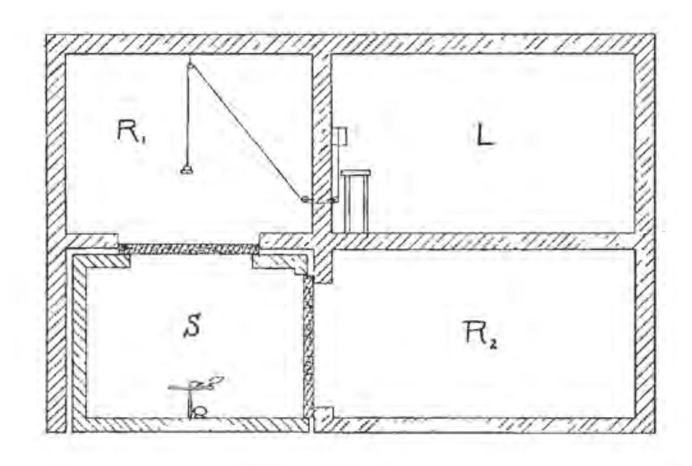
Der Bauindustrie kamen Chrislers Standardisierungsbemühungen auf jeden Fall gelegen. Die Ergebnisse wurden vergleichbar, was zum einen dem Anspruch auf Wissenschaftlichkeit entsprach und zum anderen die ab den 1930er Jahren beginnende Reglementierung und Normierung der Schalldämmwerte in der Bauindustrie erst ermöglichte. Für die akustischen Wissenschaftler selbst, meist Physiker und Elektrotechniker, war der Erkenntnisgewinn aus den Messungen der Schalldämmwerte von Baumaterialien bald erschöpft. Bereits 1935 mass Chrisler in einem ebenfalls im *JASA* veröffentlichten Artikel dem Vergleich verschiedener Wandaufbauten kaum noch Bedeutung bei, zeigten doch, wie er festhielt,

zum Beispiel Kalk- und Gipsputze aus akustischer Sicht fast das gleiche Absorptionsverhalten. Wohl auch mit Blick auf die Industrie resümierte Chrisler kurz und bündig: «From the standpoint of sound absorption there was not enough difference to be of any practical importance.»[106] Im Fokus der Forschungen im Washingtoner Sound Building stand 1935 vielmehr die Suche nach verlässlichen, vergleichbaren und standardisierten Mess-

**1.19 Das Laboratorium in Riverbank, Illinois, war um den Hauptraum mit der Orgel organisiert: publiziert in der Zeitschrift *Nature*, 1922.**

**1.20 Das Sound Building des National Bureau of Standards in Washington, D.C., ohne Zentralraum: Hier wurden vor allem bauakustische Versuche zur Isolierwirkung von Decken und Wänden gemacht. Illustration aus dem *Journal of the Acoustical Society of America*, 1930.**



methoden.[107] Die Versuche unter Chrislers Leitung zielten darauf, jegliche veränderlichen Faktoren, wie sie die Handbedienung von Geräten, aber auch die Hörwahrnehmung mit sich brachten, auszuschliessen.

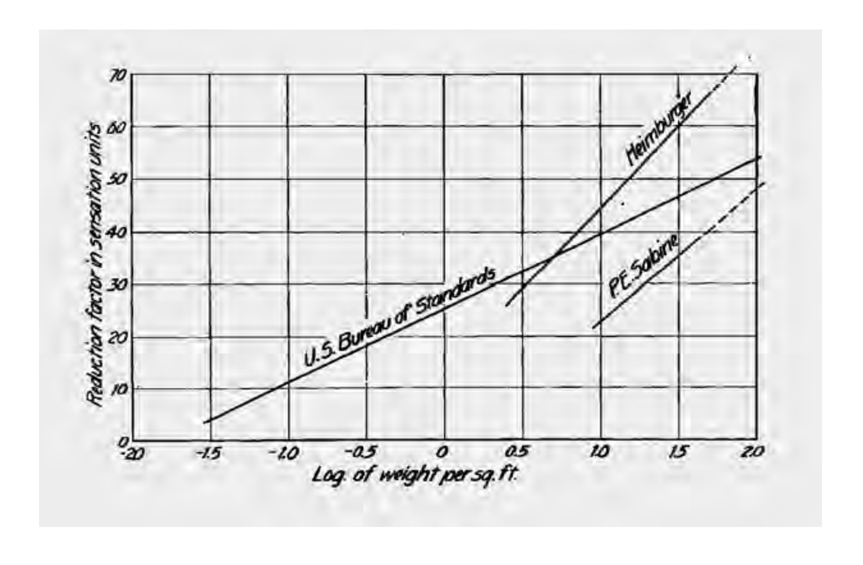
Die menschliche Wahrnehmung war bereits als unzuverlässiger und variabler Faktor bei der Ermittlung wissenschaftlicher Messresultate vermerkt worden, als um 1890 in Princeton, Yale, Austin und Leipzig (dort an

1.21 Die ausführlichen tabellarischen Darstellungen der Messresultate der Riverbank Laboratories von Paul E. Sabine präsentierten eine Vielzahl getesteter Industrieprodukte. Übersicht aus dem *Journal of the Acoustical Society of America*, 1930.

1.22 Die Darstellung der Schalldurchgangsmessungen am National Bureau of Standards von Vivian L. Chrisler stellten den Zusammenhang zwischen Materialgewicht und Schallreduktion logarithmisch und unabhängig vom Versuchsraum dar. Diagramm aus dem *Journal of the Acoustical Society of America*, 1930.

COMPARISON OF BUREAU OF STANDARDS WITH RIVERBANK TESTS ON SIMILAR CONSTRUCTIONS

| Description | No. | | Wt/Area | | Reduction | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | B.S. | R. | B.S. | R. | B.S. | R. |
| 1½" Solid metal lath and plaster...... | | 26 | | 13.9 | | 26.1 |
| 2" Solid metal lath and plaster....... | [1]22 | | 18 | | 46.2 | |
| 2" Solid metal lath and plaster...... | [2]59 | | | | 38.6 | |
| 2½" Solid metal lath and plaster...... | | 33 | | 23.2 | | 33.0 |
| 2×4" Wood stud, metal lath gypsum plaster.......................... | 10 | 60 | 20.2 | 17.4 | 53.7 | 29.2 |
| 2×4" Wood stud, wood lath gypsum plaster.......................... | 4 | 62 | | 18.0 | 46.9 | 29.4 |
| 2×4" Wood stud, wood lath lime plaster.......................... | 3 | 63 | | 17.4 | 69.1 | 38.1 |
| 3" Hollow Gypsum tile, 1¼" gypsum plaster.......................... | 30b | 31a | | 22 | 42.0 | 31.4 |
| 4" Clay Tile, 1¼" Gypsum plaster.... | [1]28 | 36 | | 28.6 | 47.8 | 35.6 |
| 4" Clay Tile, 1½" Gypsum plaster.... | [3]66 | | 29 | | 44.0 | |
| Double 3" Hollow gypsum tile 1¼" gypsum plaster.................. | 30c | 59c | | 31.8 | 61.9 | 42.2 |
| 8" Brick wall, 1" Gypsum plaster..... | 81 | 39 | 87 | 88 | 57.2 | 47.5 |



Wilhelm Wundts Institut für experimentelle Psychologie) psychoakustische Laboratorien eingerichtet worden waren. Die Versuchsperson wie auch der messende Forscher waren dabei im Laboratorium anwesend. Dies beeinflusste die Reaktionen, die der Forscher messen wollte, und veränderte die Versuchsanordnung. So empfand Edward W. Scripture (1864–1945) in seinem Psychological Laboratory an der Yale University im Jahr 1895 seinen Atem, ja sogar den Aufschlag seiner Augenlider als störend:

> My clothes creak, scrape, and rustle with every breath; the muscles of the cheeks and eyelids rumble; if I happen to move my teeth, the noise seems terrific. I hear a loud and terrible roaring in the head; of course, I know it is merely the noise of the blood rushing through the arteries of the ears [...].[108]

Nicht anders erging es Wallace C. Sabine 1898, als er bauphysikalische Messungen durchführte. Ihn störten die eigene körperliche Präsenz und die Bekleidung gleichermassen, denn die verschiedenen Textilien, die er trug, hatten einen zwar kleinen, aber doch messbaren Einfluss auf die Experimente. Deswegen befand er über 3000 Messresultate aus mehreren Monaten Arbeit für unbrauchbar. Von diesem Moment an wählte er immer die gleichen Kleidungsstücke, wenn er experimentierte – nämlich einen blauen Wintermantel mit Weste, Winterhosen, dünne Unterhosen und hohe Schuhe.[109]

**Körperlose Messungen (ab 1930)**

Seit Sabines Erkenntnis im Keller der Harvard University, dass Körper und Kleidung die Messung beeinträchtigten, war es übliche Praxis, dass die Forscher sich in eine Kiste setzten, um den Einfluss der eigenen Präsenz im Experiment auszuschalten. Bis in die 1930er Jahre hinein war der mit einer Stoppuhr ausgerüstete «Mann in der Kiste» die gängige Methode, um eine gleichbleibende Situation im Versuchsraum herzustellen. So zeigen verschiedene Fotografien und Zeichnungen, die um 1930 entstanden sind, auch Vivian L. Chrisler bei einer akustischen Messung in einer Holzkiste, aus der nur sein Kopf herausragt (Abb. 1.23). In diesem Versuch sollte die schallabsorbierende Wirkung der Zuschauer bei Filmvorführungen ermittelt werden. Wie bei allen Nachhallmessungen in jener Zeit musste ein Physiker die Stoppuhr dann betätigen, wenn der Schall bis unter die Hörschwelle des menschlichen Ohrs abgeklungen war. Auf der Fotografie ist eine zwölfköpfige Personengruppe als Teil der Versuchsanordnung



1.23 «Measuring sound absorption of people in the reverberation chamber»: Vivian L. Chrisler als «Mann in der Kiste», um mit Körper und Kleidung die Nachhallmessung des «Echo-Effekts» einer simulierten Theatersituation nicht zu stören, um 1930.

zu sehen. Die sechs Männer und sechs Frauen, Mitarbeiter des Instituts und ihre Angehörigen, sassen auf Kinostühlen, um die zu untersuchende Situation möglichst authentisch nachzustellen. Die körperliche Präsenz des Akustikers sollte – im Gegensatz zu jener des Publikums – keinen Einfluss auf die Messung nehmen. Seine Anwesenheit im Versuchsraum war aber notwendig, weil sein Gehör beurteilte, wann seine Hand in der Kiste die Stoppuhr zu betätigen hatte.

Auch im 1928 fertiggestellten Raum für Nachhallmessungen am NBS beurteilte anfangs ein Physiker, der eine Stoppuhr in der Hand hielt, wann der Nachhall eines Testtons abgeklungen war. Schliesslich, circa 1930, wurden die Messungen der Schalldurchlässigkeit an vielerlei Materialien «entirely by instrumental methods» unternommen, wie Chrisler und sein Co-Autor Wilbert F. Snyder (1904–2000) im Jahr 1935 rückblickend festhielten.[110] Im selben Jahr beschrieb Chrisler die Errungenschaft, die Steuerung der Messapparate nicht mehr manuell vornehmen zu müssen, auch als «entirely automatic».[111] Dafür wurde bei der Nachhallmessung der Schall in einen

NOISE IN BUILDINGS

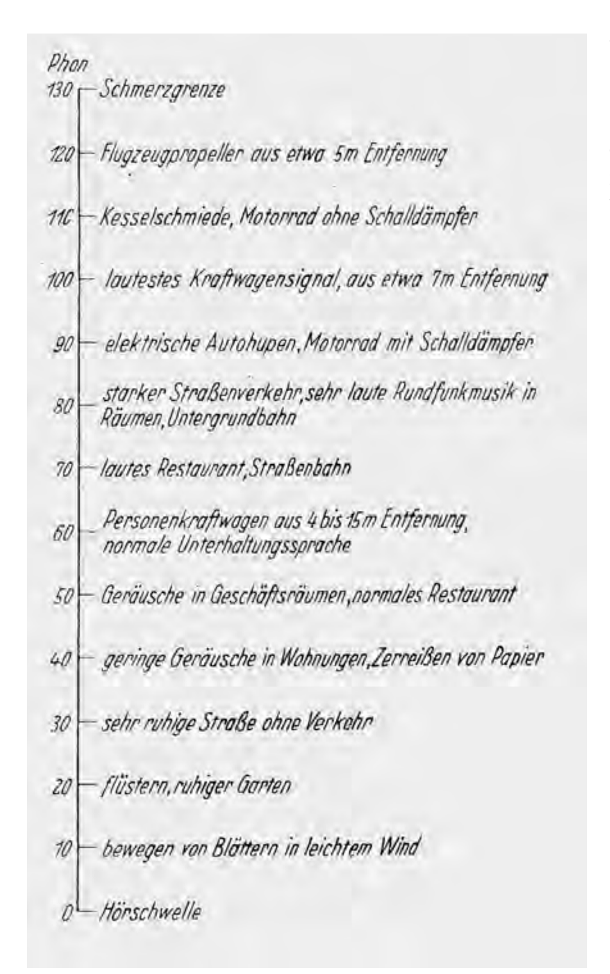
| FROM JOINT D. & R. SUBCOMMITTEE SURVEY - NEW YORK DATA | NOISE LEVEL | DATA FROM OTHER SOURCES | SOURCE |
|---|---|---|---|
| | 100 | | |
| | | BOILER FACTORY | 1 |
| SUBWAY - LOCAL STATION WITH EXPRESS PASSING | 95 | | |
| | 90 | | |
| | 85 | SOME FACTORIES ARE AS HIGH AS THIS | 2 |
| | 80 | VERY LOUD RADIO MUSIC IN HOME | 4 |
| | 75 | | |
| NOISIEST NON-RESIDENTIAL BUILDING LOCATION MEASURED<br>AVERAGE OF 6 FACTORY LOCATIONS | 70 | STENOGRAPHIC ROOM<br>VERY NOISY RESTAURANT | 3<br>4 |
| | 65 | | |
| | 60 | | |
| INFORMATION BOOTH IN LARGE RAILWAY STATION | | NOISY OFFICE OR DEPARTMENT STORE | 1 |
| | 55 | | |
| AVERAGE NON-RESIDENTIAL LOCATION | 50 | MODERATE RESTAURANT CLATTER<br>FEW PLACES WHERE PEOPLE WORK ARE BELOW THIS | 4<br>2 |
| | | AVERAGE OFFICE | 1 |
| NOISIEST RESIDENCE MEASURED | 45 | | |
| | 40 | VERY QUIET RADIO IN HOME | 4 |
| | | QUIET OFFICE | 1 |
| | 35 | SOFT RADIO MUSIC IN APARTMENT | 3 |
| QUIETEST NON-RESIDENTIAL LOCATION MEASURED<br>AVERAGE RESIDENCE | | | |
| | 30 | | |
| | | COUNTRY RESIDENCE | 1 |
| | 25 | COUNTY COURT, CHICAGO, ROOM EMPTY, WINDOWS CLOSED | 2 |
| QUIETEST RESIDENCE MEASURED | | | |
| | 20 | QUIET GARDEN, LONDON | 4 |

SOURCES:
1. H. FLETCHER, "SPEECH AND HEARING", P. 187. MARGINAL AUDIBILITY METHOD WITH 3A AUDIOMETER AND OFFSET RECEIVER. 17 DB. ADDED AS APPROXIMATE FIGURE TO CONVERT TO NOISE LEVEL.
2. D.A. LAIRD, SCIENTIFIC AMERICAN, DEC. 1928, P. 509. BALANCE METHOD WITH 3A AUDIOMETER AND RECEIVER WITH FLAT CAP. APPROXIMATELY EQUAL TO NOISE LEVEL.
3. W. WATERFALL, ENGINEERING NEWS RECORD, JAN. 10, 1927, P. 60. SAME METHOD AS (2) ABOVE.
4. A. H. DAVIS, NATURE, JAN. 11, 1930, P 48. BALANCE OR MARGINAL AUDIBILITY METHOD WITH 640-CYCLE TUNING-FORK. FIGURES GIVEN IN TERMS OF SENSATION LEVEL, ESTIMATED EQUAL TO NOISE LEVEL.

**1.24 22 dB im ruhigsten, 45 dB im lautesten Wohnhaus: Dezibel-Skala, erklärt an Beispielen amerikanischer Alltagssituationen. Übersicht des New York City Department of Health, 1930.**

Verstärker eingespeist. Wenn dessen Nadel wieder auf Null zeigte, wurde die Zeit gestoppt.[112]

Fast gleichzeitig entwickelten auch andere Laboratorien Techniken zur Automatisierung der Schallmessung, darunter die Bell Laboratories in New York, das Philips Natuurkundig Laboratorium in Eindhoven oder das Forschungslaboratorium der Siemens & Halske AG und das Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung in Berlin.[113] Sie alle versuchten,




1.25 Von der Hörschwelle (0 Phon) bis zur Schmerzgrenze (130 Phon): Deutsche Phon-Skala für die Wertung der empfundenen Lautstärke aus dem Ratgeber *Das lärmfreie Wohnhaus*, 1934.

den Hörsinn – und die körperliche Präsenz der Physiker im Messraum überhaupt – durch ein automatisiertes technisches Verfahren zu ersetzen. Zu stark widersprachen die frühen mit Hilfe des Gehörs durchgeführten Messverfahren den Prinzipien naturwissenschaftlicher Objektivierung, die weder Sinnesreaktionen noch Vorurteile akzeptierten.

Der Übergang von der «hörend» betriebenen raumakustischen Forschung der 1920er Jahre zu den automatisierten Messmethoden in den 1930er Jahren ging mit einer allgemeinen Vereinheitlichung einher. Die körperliche Anwesenheit im Laboratorium erübrigte sich, als die Messung aus einem Raum ausserhalb des Laboratoriums gemacht werden konnte. Die Aufgaben des menschlichen Ohrs wurden von einem im Versuchsraum platzierten Mikrofon übernommen, und die Aufzeichnungen eines Apparats zur Messung der Schallintensität ersetzten die persönliche Beurteilung. Die menschliche Wahrnehmung war durch die neue technische Konfiguration

zugunsten der verlangten Objektivität und Präzision aus den Versuchen ausgeschlossen worden.

Parallel zu der so erlangten Objektivierung der Messvorgänge setzten sich beiderseits des Atlantiks neue Masseinheiten durch: Phon, Sone und Dezibel verdrängten die früheren, vage gerechneten Lautheitswerte für den Lautstärkeeindruck.[114] Ende Dezember 1928 gaben die Bell Laboratories bekannt, dass die zuvor etablierte «Transmission Unit» nun «DeciBel» heisse – eine Wortschöpfung, mit der der Name des wenige Jahre zuvor verstorbenen Telekommunikationspioniers Alexander Graham Bell gekoppelt wurde mit dem Hinweis auf die logarithmische Skala, auf der bereits die frühere Transmission Unit angelegt war (Abb. 1.24). «DeciBel – The New Name for the Transmission Unit», titelte das *Bell System Technical Journal*.[115] Und tatsächlich handelte es sich letztlich eher um einen neuen Namen als um eine neue Methode. Verbunden wurde dies allerdings mit einer Kampagne, die objektivierte Messung weiten Kreisen bekannt zu machen.[116]

Während in Amerika der Dezibelmesser eingeführt wurde, arbeitete man in Deutschland mit dem «Barkhausen-Geräuschmesser».[117] In den Fachzeitschriften wie in der Publikumspresse wurden um 1930 sowohl Skalen der Dezibel- wie auch solche der Phonwerte abgebildet, die die neuen Masseinheiten verständlich machen sollten (Abb. 1.25). Die Extremwerte sind dabei für das Mass Dezibel (Schalldruckpegel) und die psychoakustische Messgrösse Phon (Lautstärkepegel) identisch. Der Nullwert der Dezibelskala und der Phonskala wurde bei der menschlichen Hörschwelle angesetzt. Er reichte so von der Hörschwelle bei 0 Dezibel (respektive Phon) bis zur Schmerzgrenze bei 130 Dezibel (respektive Phon). Durch die logarithmische Abstufung liessen sich Alltagsgeräusche in einer der Wahrnehmung entsprechenden Zunahme der Lautheit aufreihen.

Die Messung war einfach durchzuführen und zuverlässig, solange «die zu vergleichenden Schalle gleiche Klangfarbe haben», denn das Ohr hört nicht bei allen Frequenzen gleich laut.[118] Um also die Empfindlichkeit des menschlichen Ohrs für verschiedene Frequenzen zu berücksichtigen, wurden zusätzlich frequenzabhängige Filter eingeführt. Beim Dezibel beispielsweise bezeichnet dB(A) eine der Wahrnehmung angepasste Standardisierung. Dabei überprüften die Fachleute auch die Apparate immer wieder dahingehend, ob mit den gewählten Methoden die vom Gehör wahrgenommenen Schallstärken durch die gemessenen Dezibel oder Phon adäquat repräsentiert waren.

Seit der Automatisierung technischer Messungen war unerwünschter Schall nicht mehr nur eine subjektive Wertung, er liess sich jetzt auch in

Zahlen und auf Skalen ausdrücken. Die Beurteilung war nun ganz vom Hören losgelöst.

Als Harvey Fletcher (1884–1981), der wenige Jahre darauf erster Präsident der Acoustical Society of America werden sollte, im Jahr 1923 den «audiometer» entwickelte, erfolgte die Bestimmung der Schallintensität noch über den Vergleich eines Standardsignals aus einem Hörer und dem zu bestimmenden Umgebungsgeräusch.[119] Mit der Hand betätigte dieser so lange einen Drehknopf als Widerstandsregler, bis er die beiden Geräusche als gleich laut wahrnahm.[120] Wie unglaublich es später den in modernen Methoden geschulten Akustikern erschien, dass das menschliche Gehör einst ein zentrales Element der Messeinrichtung gewesen war, wird aus einem Forschungsbericht aus den 1970er Jahren deutlich, in dem es hiess:

> At that time the human ear was the only measuring instrument for sound and it was not until some years later that, with advances in the science of electronics, instruments started to become available for the physical measurement of sound intensities.[121]

## Reflexionsfrei, anechoisch, beinahe schalltot

> No adjectival word exists in the English language meaning «free from echo.» In an attempt to avoid the customary expressions, «dead room,» «highly absorbent sound chamber,» «absorptive chamber,» «free-field room,» etc., the word anechoic was devised. The word is made up of the Greek prefix an- meaning not or without, the Greek word ēchō meaning echo and the adjectival suffix -ic, meaning characterized by. We prefer to pronounce it ań- e-chó -ic (ăń ė̇ kṓ ĭk).[122]
>
> Leo L. Beranek, *O.S.R.D. Report 4190*, 1945

Neue Techniken und Materialien ermöglichten eine neue Art der Kontrollierbarkeit innerhalb der Forschungslaboratorien genauso wie innerhalb der alltäglichen Räume. Wo früher Vorhänge und Wandteppiche angebracht waren, wurden nun Wattestreifen, Filzmatten und Asbestplatten montiert. Solche Transformationen manifestierten sich Mitte der 1930er Jahre auch in Osswalds Hallraumlaboratorium, wo für die elektrotechnischen Messungen seines Doktoranden Frei vielerlei Materialien installiert wurden.

Zur gleichen Zeit wurde weltweit mit der Absorptionsfähigkeit von Wänden, Böden und Decken experimentiert. Insbesondere im Zuge der Kriegsvorbereitungen entstanden in Deutschland, den Vereinigten Staaten und anderen Ländern grosse und aufwendig konstruierte Laboratorien, in denen Nachhall und Echo möglichst vollständig eliminiert werden sollten. In England etwa hängten Akustiker Zellstoffwattestreifen hochkantig über Algengräser, in Paris schichteten sie Filz-, Faser- und Baumwollschichten übereinander, in Berlin waren es 1939, auf dem Höhepunkt der Entwicklung, sogar 32 000 mit kleinstfasriger Steinwolle gefüllte Keile von 1 Meter Gesamthöhe auf allen Raumoberflächen, die den Schall so absorbieren sollten, dass in einem geschlossenen Raum eine möglichst schalltote Situation, ein sogenanntes Freifeld, erreicht würde. 1949 wurde dann auch in Zürich ein solcher, allerdings mit kleineren Keilen ausgestatteter Versuchsraum eingeweiht (vgl. Abb. 1.01).

### Elektrische Töne (1861, 1922, 1934)

Die Elektroakustik und die Raumakustik, obschon oft von denselben Spezialisten erforscht und unterrichtet, orientierten sich an grundlegend verschiedenen Raummodellen und wurden unter vielfältigen, hinsichtlich

der räumlichen Konzeption sogar entgegengesetzten Bedingungen untersucht: im Freifeld ohne Reflexionen oder im schallharten Hallraum.

Erwin Meyer, der deutsche Wegbereiter der Elektroakustik, datierte das Geburtsjahr seines Fachgebiets je nach Kontext unterschiedlich: in einem in den 1960er Jahren gehaltenen Festvortrag beispielsweise auf 1861, als es Philipp Reis (1834–1874) gelang, mit einer Mikrofon-Telefon-Anlage Nachrichten elektrisch zu übertragen;[123] anderenorts legte Meyer den Beginn der Elektroakustik auf 1922, als die erste grössere Public-Address-Anlage installiert wurde.[124]

Aus den elektrischen Pionierversuchen wurden zunehmend alltägliche Anwendungen. Einstige Vorreiter wie Osswald, die sich im Vorfeld dieser Entwicklungen mit den Sabine'schen Methoden profiliert hatten, gerieten mehr und mehr unter Druck, sich mit dem erweiterten elektrotechnischen Instrumentarium auseinanderzusetzen. Als Osswald beispielsweise 1938 sein Institut für angewandte Akustik auf zwei Seiten in einem Sonderheft der *Schweizerischen Bauzeitung* präsentierte, versuchte er auch die Physiologie des Ohrs, die in seinen Verfahren eine zentrale Rolle spielte, mit den Apparaten und Methoden der Elektroakustik in Einklang zu bringen:

> Von den Geschehnissen in der Umwelt erfahren wir Kenntnis durch unsere Sinnesorgane, und darunter nimmt der Hörsinn eine hervorragende Stelle ein: er verarbeitet mechanische Schwingungen zwischen etwa 20 und 20 000 [Hertz] pro Sekunde, Intensitäten von eben wahrnehmbarer Stärke bis zum 1013fachen Wert; dabei führt er eine sofortige weitgehende Klanganalyse durch und wandelt das ankommende physikalische Ereignis im Gehirn zum Erlebnis um, verknüpft es mit dem vorhandenen Erinnerungsschatz vergangener und zu erwartender Begleitfolgen […]. Dieser ausserordentlichen Vielseitigkeit und Leistungsfähigkeit steht ein Nachteil gegenüber: das Ohr hat nicht genügend Messgenauigkeit für Schallstärken, die bei den meisten akustischen Fragen ein Hauptkriterium sind; es mussten daher ergänzende Hilfsmittel gefunden werden. Und das ist der Grund dafür, dass die angewandte Akustik nicht vorwärtskommen konnte, bis die Elektroakustik mit ihrer herrlichen Verstärkertechnik es ermöglichte, die – mechanisch gemessen – so ausserordentlich kleinen akustischen Energien quantitativ und qualitativ zu erfassen. Erst jetzt konnte eine wissenschaftliche, vom subjektiven Empfinden sich freimachende objektive Messtechnik einsetzen […].[125]

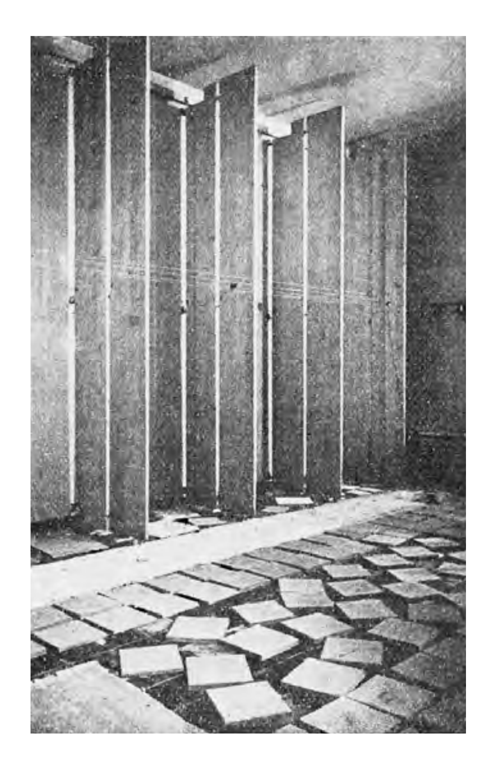
Nur vor dem Hintergrund des sich abzeichnenden Generationenwechsels lässt sich Osswalds verwickelter Argumentationsstrang erklären. Er war Korreferent der Dissertation des jungen Elektroingenieurs Hans Frei, in deren Rahmen zwischen 1931 und 1933 in seinem Hallraumlaboratorium mit Oszillografen und anderen Instrumenten elektrotechnische Untersuchungen gemacht wurden.[126] Auch beteiligte er sich – wie noch gezeigt werden wird – 1934 an der Installation von Lautsprechern in der Zürcher Fraumünsterkirche.[127] Die technischen Neuerungen in der Akustik stiessen also auf sein Interesse. Doch gleichzeitig finden sich Hinweise darauf, dass Osswald weiterhin von der Vereinbarkeit des subjektiven Empfindens und der objektiven Messtechnik überzeugt blieb. Noch Mitte der 1930er Jahre, als Chrisler am National Bureau of Standards in Washington, D. C., jubelte, dass die Schallmessung nun ohne den Rückgriff auf den unzuverlässigen menschlichen Hörapparat durchgeführt werden könne, entwickelte Osswald in Zürich einen Apparat, der die Hörschwelle des menschlichen Ohrs zur Messung heranzog.[128] Es wirkt nachgerade etwas starrsinnig, wie er an der alten Methode festhielt und behauptete, dass nicht das Ohr, sondern die Messgeräte unzuverlässig seien:

> Glücklicherweise reagiert das Ohr nicht so scharf auf Unhomogenitäten im Messfeld wie es das exakte Instrument tut, aber solche Untersuchungen geben einen lebendigen Einblick in das komplizierte Leben der Naturphänomene […].[129]

Osswald, so scheint es, beharrte auf den Fähigkeiten seines geschulten Ohrs und auf der Tragweite seiner Erfahrung. Das «komplizierte Leben der Naturphänomene» könne, so liesse sich hier zwischen den Zeilen lesen, die nur auf objektivierte automatische Messungen reduzierte Wissenschaft seiner jüngeren Kollegen kaum einfangen.

### Generationenkonflikt an der ETH (1932)

Der Generationenkonflikt in der akustischen Forschung zeigte sich Mitte der 1930er Jahre auch in der einzigen von Osswald mitbetreuten Dissertation, der Studie *Elektroakustische Untersuchungen in Hallräumen* von Hans Frei. Als erster Referent fungierte hier der Physiker Franz Tank, der 1927 die Empfehlung für Osswalds Habilitation verfasst hatte und mittlerweile Vorsteher des Instituts für Physik war. Die im Rahmen der Dissertation zwischen 1932 und 1933 durchgeführten Schallmessungen wurden vom Schweizer Holzverband finanziell unterstützt, denn nicht zuletzt die Indus-



1.26 Zwischen 1932 und 1933 wurde im Hallraumlaboratorium der ETH Zürich der streuende und dämpfende Einfluss von Holzkassettierungen auf die Raumakustik getestet, wobei die Schallrückwürfe des Raums so weit wie möglich reduziert wurden, bis der Raum «beinahe schalltot» war. Abbildung aus der Dissertation *Elektroakustische Untersuchungen in Hallräumen* von Hans Frei, 1935.

1.27 «Der Einfluss der Geometrie der Holzkassettierungen auf die Schallverteilung auch mittels Luftschallwellenfotografien untersucht.» Abbildungen aus Freis Dissertation, 1935.

trie war an wissenschaftlichen Aussagen über das akustische Verhalten von Holz interessiert. In verschiedenen Stellungen im Raum wurden hierfür Holzkassettierungen montiert und ihr Einfluss auf die Nachhallzeit gemessen (Abb. 1.26).[130] Die Auswirkungen der unterschiedlichen Geometrien der Kassettierungen auf die Schallreflexionen wurden auch fotografisch mit der bereits diskutierten Schallwellenfotografietechnik in kleinen Hartgummimodellen untersucht (Abb. 1.27).

Dabei war Freis Aufgabe angesichts der zur Verfügung stehenden Räumlichkeiten kein leichtes Unterfangen. Die Schwierigkeiten, elektroakustische Messungen der Schallabsorption im Hallraum am Institut für angewandte Akustik vorzunehmen, offenbarten sich an den enormen konstruktiven Massnahmen, die Frei ergreifen musste, um die stellenweise starken Eigenresonanzen des Raumes zu mindern und so das Laboratorium als diffuses Schallfeld auszubilden.

Frei verglich in seiner Arbeit die «objektiven, nichtelektrischen» mit den «objektiven, elektrischen Meßmethoden». Die erwünschte Objektivität war offensichtlich eine Erwähnung wert. Im Umkehrschluss galt die Subjektivität des menschlichen Gehörs, an deren Legitimierung sich Osswald auch nach 1930 noch versuchte, als nicht mehr zeitgemäss. Der Korreferent, der sich wiederholt und überzeugt auf seine gute Hörempfindung berief, scheint auf diese Weise respektvoll kritisiert. Frei kam zu dem Schluss, die elektrischen Verfahren entsprächen «am besten den Anforderungen der modernen Schalltechnik». Nicht zuletzt hätten die «auralen Methoden [...] den Nachteil, daß sie subjektiv sind und zu ihrer richtigen Anwendung eines geübten Ohres bedürfen.»[131]

Anhand von «objektiven elektrischen Meßmethoden» zeigte Frei die Charakteristika des leeren Hallraums auf, indem er 15 Sekunden Nachhallzeit bei tiefen Frequenzen von 100 Hertz, dann 14 Sekunden bei 400 Hertz dokumentierte.[132] Mit der Höhe der Töne wurde der Nachhall kürzer, bei 4000 Hertz mass Frei schliesslich nur noch 5 Sekunden Nachhallzeit.[133] Diese Zahlen bestätigten übrigens Osswalds fast unglaublich klingende Behauptung anlässlich seiner Antrittsvorlesung von 1929, er habe in dem kleinen Hallraumlaboratorium bis 15 Sekunden Nachhall gemessen.[134]

Freis spätere Interferenzmessungen lieferten auch eine Erklärung für diese extrem ausgedehnte Zeit: Aus der Frequenzanalyse «ersieht man, daß die den Nachhall charakterisierenden Grundschwingungen (Eigentöne) des Raumes sehr tief sind.»[135] Der lange Nachhall im tiefen Frequenzbereich erklärt sich also aus den von den Dimensionen des Raumes bestimmten Eigenschwingungen.

> Die physikalische Wirkungsweise der Kassettierung läßt sich nicht ohne weiteres überblicken. Einerseits bewirkt sie komplizierte Rückwürfe, und zwar diffuse Zerstreuung für lange Schallwellen, mehrfache Reflexionen in den Kassettennischen für kurze Schallwellen; anderseits können die Kassettenrippen zum Mitschwingen veranlaßt werden. Die beiden letzteren Effekte wirken wie erhöhte Absorption der Wände.[136]

Auffällig oft, nämlich vierzehn Mal, verwendete Frei in seiner Dissertation das Wort «kompliziert» – bereits zu Beginn in der Beschreibung des Raumes selbst: «Außerdem ist die geometrische Gestaltung dieses Raumes in Wirklichkeit komplizierter als für die Berechnung angenommen wurde.»[137] Um das Raumschallfeld gleichmässiger auszubilden, veränderte Frei die Eigenschaften von Wänden, Boden und Decke. Sie wurden «sukzessive durch Abdeckung der schallharten Oberflächen mit schallabsorbierenden Stoffen, wie Teppichen, Plüsch, Watte, Celotextafeln usw.» gedämpft, um die Nachhallzeit zu verkürzen. Frei zog alle denkbaren Materialien, von denen er sich Schallabsorption versprach, in Erwägung:

> Um dies experimentell nachzuprüfen, wurden zunächst nur die Wände mit hochflorigen Perserteppichen verhängt und sodann eine vorher im leeren Raum durchgeführte Messung [...] wiederholt. Darnach wurde auch noch der Boden mit Dämpfungsmaterial belegt [...] und die Aufnahme nochmals gemacht. [...] Endlich wurde auch noch die ganze Decke mit dickem Wollplüsch faltig verhängt, so daß der Raum auf das Ohr einen nahezu schalltoten Eindruck machte.[138]

Die Anforderungen, die an ein modernes akustisches Laboratorium gestellt wurden, hatten sich grundlegend gewandelt, seit Osswald den Raum bei seiner Antrittsrede als Privatdozent gerühmt hatte. Nicht nur Osswalds Raum, auch seine Methoden wurden von Frei getestet. Darüber hinaus verglich der Doktorand die Resultate aus verschiedenen Messweisen miteinander. Text und Fotografien der 1935 publizierten Dissertation zeigen, wie Frei mit Boden-, Wand- und Deckenverkleidungen die Schallabsorption im Hallraumlaboratorium zu erhöhen versuchte (Abb. 1.26; siehe auch Abb. 1.02). Zu Beginn seiner Arbeit dankte er der «Teppichfirma Forster & Co. in Zürich für die kostenlose Lieferung hochfloriger Orientteppiche für die Dämpfungsversuche im Hallraum».[139] Auf dem Boden legte er Celotex aus. Mit diesen vielfältigen Materialien und Aufbauten an den Raumoberflächen

beabsichtigte Frei, den Raum für seine Zwecke zu adaptieren. Aufgrund der Versuche mit diversen Holzkassettierungen stellte er fest, dass die mittlere Nachhallzeit «im abnorm stark hallenden Versuchsraum» 6 bis 10 Sekunden betrug: «Dieser Wert ist im Vergleich zu Gebrauchsräumen ähnlicher Größe und guter Akustik viel zu hoch.»[140] Der «abnorm stark hallende Versuchsraum» liess sich kaum in einen diffusen Raum mit gleichmässiger Schallverteilung umbauen. Die Eigenresonanzen störten den Elektroingenieur, der sich für die elektrische Messmethode einen Raum mit gedämpften Eigenmodi wünschte. Da er mit Sinustönen, also Reintönen, statt mit einem breiteren Frequenzspektrum arbeitete, zeigte sich das Phänomen der stehenden Wellen besonders stark.[141] Frei wünschte sich ein Wirkungsfeld, in dem er die diffuse Reflexion der Holzkassettierungen ohne die Charakteristik des Laboratoriums messen könnte.

Bevor die Doktorarbeit 1935 in Leipzig und Wien veröffentlicht wurde, waren bereits andere Fachartikel zum akustischen Verhalten von Holzkassettierungen erschienen. Die 1933 von Erwin Meyer vom Berliner Heinrich-Hertz-Institut und seinem damaligen Doktoranden, dem später als bedeutendster deutscher Raumakustiker des 20. Jahrhunderts bekannt gewordenen Lothar Cremer (1905–1990), in der *Zeitschrift für technische Physik* publizierte Studie «Über die Hörsamkeit holzausgekleideter Räume» behandelte die Schwingungen verschiedener Wandverkleidungen dabei weit differenzierter und verglich zum Beispiel 3 Millimeter starkes Sperrholz freischwingend und aufgelegt.[142] Frei dagegen berechnete zwar das Volumen der je nach Versuch um die vierzig dicken Tannenholztafeln, aber nicht die Wirkung der Materialstärke der etwa 3 Zentimeter dicken und folglich starren Bretter.[143]

Der lange Nachhall von bis zu 15 Sekunden, den Osswald in seinen Untersuchungen zur «aktiven Akustik» als zentral betrachtete, erwies sich für Freis elektroakustische Messungen als Hindernis und wurde mit allen möglichen Mitteln gedämpft. Die Aussage in Freis Dissertation, das Laboratorium mache «auf das Ohr einen nahezu schalltoten Eindruck»,[144] beschreibt den entgegengesetzten Extremfall des wenige Jahre zuvor noch gelobten langen Nachhalls. Sie beruht sicher auf einem Wunschdenken, zeigt gleichzeitig aber auch die durch die neuen Erkenntnisse ermöglichte akustische Kontrollierbarkeit und Veränderbarkeit von Räumen auf.

In den Hallräumen, wie sie ein Grossteil der akustischen Institute weltweit zu Beginn des 20. Jahrhunderts eingerichtet hatten, untersuchten Physiker und Ingenieure den Einfluss verschiedener Versuchsanordnungen mit absorbierenden und reflektierenden Materialien auf den Schall. Durch

die Möglichkeiten der elektroakustischen Verstärkung war seit den späten 1920er Jahren die Reflexion der Schallstrahlen an geometrisch durchdachten Decken, Wänden und Böden nicht mehr der einzige Weg, um Töne besser hörbar zu machen. Für Lautsprechertests aber suchten, wie im Folgenden beschrieben wird, die Akustiker nach Räumen ohne Reflexionen. Es wurden zwar auch weiterhin Experimente durchgeführt, für die in einem Hallraum ein möglichst gleichmässiges, diffuses Schallfeld erzeugt wurde. Dies wurde mit dem Einbau von Reflektoren und Rotoren im Raum erreicht.

Bei der Mehrzahl der wissenschaftlichen Versuche war aber fortan eine möglichst reflexionsfreie Umgebung gefragt. Akustisch ungestörte Räume, etwa eine schneebedeckte weite Ebene oder die pure Luft um eine Bergspitze, werden in der Fachsprache auch als «Freifeld» bezeichnet. Witterungsgeschützt, mit Geräten und Elektrizität ausgestattet und an die Forschungsinstitutionen angegliedert, sollte dieses im Laboratorium nachgestellt werden. Der physische Raum des Laboratoriums hatte im Rahmen dieser neuen Idealvorstellung also zunehmend akustisch unwirksam zu sein.[145]

**32 000 Steinwollepyramiden, 4500 Graphitkeile (1939–1965)**

Die neue Ära der Elektroakustik stellte auch eigene Ansprüche an die Architektur der Laboratorien. Raumoberflächen aus Beton, Backstein und Fliesen, wie sie in den Laboratorien der 1920er Jahre üblich waren, reflektierten den Schall und störten die Messungen der Schallsignale. Wie an Hans Freis Experimenten in Osswalds Laboratorium Anfang der 1930er Jahre zu sehen war, hatten sich im Zuge der Verlagerung der Interessen von der raum- zur elektroakustischen Forschung die Anforderungen gewandelt. Die Wände des Laboratoriums sollten nach aussen isolieren, innen jedoch keinerlei Schall reflektieren. In solchen Versuchsanordnungen wurde der Raum in akustischer Hinsicht eliminiert. Der Architektur blieb einzig die Funktion, vor der Umgebung zu schützen, damit die messtechnischen Installationen störungsfrei funktionierten.

Laboratoriumsarchitekturen für geräuschlose Räume waren ja bereits aus der psycho-physiologischen Forschung bekannt. So war beispielsweise ein auch «Camera silenta» genannter «geräuschloser Raum» an der Universität Utrecht bereits Anfang des Jahrhunderts mit Tuffstein, Kork, Blei, Algen und dazwischen liegenden Lufträumen gedämmt.[146] Die Tür war hier doppelt ausgebildet. Als schwächste Stelle wurde in einem zeitgenössischen Bericht der Boden beschrieben, der zum bestehenden Gebäude gehörte, in das der

Raum eingebaut worden war, und der mit ein bis zwei Teppichen belegt war.[147]

Die «reflexionsfreien», «schalltoten» oder präziser: «reflexionsarmen» Laboratorien, die fortan für elektroakustische Messungen erstellt wurden, lehnten sich zwar an diese Konstruktionen an, waren aber baulich weit aufwendiger als ihre Vorläufer. Es wurde sukzessive möglich, alle Schwingungen im hörbaren Bereich zu absorbieren. Um auch ein möglichst grosses Spektrum an Wellenlängen und Schallleistungen schlucken zu können, waren die Räume für elektroakustische Versuche grösser und die Wandkonstruktionen tiefer als jene für die Psychoakustik. Eine Raumsituation ganz ohne Nachhall findet sich eigentlich nur im besagten Freifeld, wo der Schall auf keine Hindernisse stösst. In einem Laboratorium von geringem Volumen alle Schallreflexionen von Boden-, Wand- und Deckenkonstruktionen absorbieren zu lassen, beschäftigte Akustiker der 1930er Jahre weltweit.

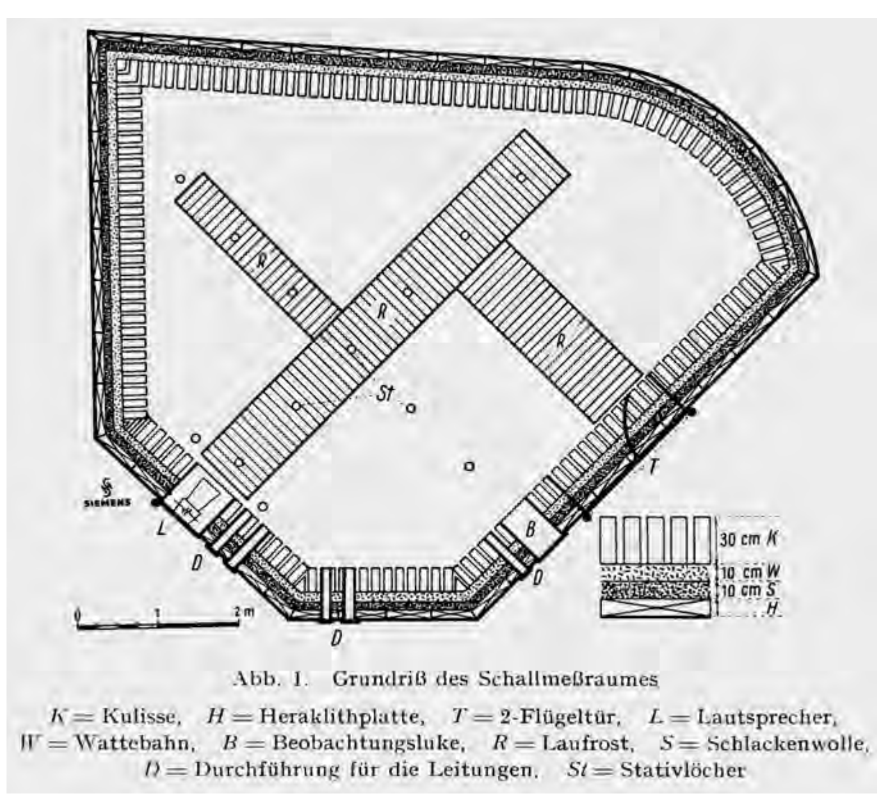
Ein frühes Beispiel eines akustischen Versuchsraums, in dem die Schallreflexionen im hörbaren Bereich weitgehend absorbiert werden konnten, ist 1936 als Teil der Bell Laboratories dokumentiert. Die Wände waren hier mit zehn Schichten Musselin- und sechs Schichten Flanellstoff mit dazwischen liegenden Luftschichten konstruiert, worin der Schall zu 98 bis 99 Prozent gedämpft wurde.[148] Diese absorbierende Schicht war etwa 19 Zoll (circa 0,5 Meter) tief und reduzierte die Grösse des Raums beträchtlich. Der Raum glich einer weissen Zelle aus Watte. Sein Boden war mit einem Gitter bedeckt, damit er betreten und Geräte aufgestellt werden konnten. Die Decke war ebenfalls mit Musselin und Flanell behängt.

Nicht nur bei Bell wurde indes viel Material verbraucht. Algen, Gräser, Gips, Stroh, Zement, Wolle, Watte, Filz, Kork, Steinwolle und Asbestfasern: dies alles kam Mitte der 1930er Jahre in Laboratorien in den Vereinigten Staaten wie in Europa zum Einsatz und wurde in Wandaufbauten geschichtet, gefaltet, aufgehängt, beklebt und wattiert, um ein akustisches Freifeld entstehen zu lassen. Im Inneren durfte es keine harten Oberflächen geben, die Schall hätten reflektieren können.

Im britischen National Physical Laboratory zum Beispiel brachten Forscher 30 Zentimeter breite Streifen Zellstoffwatte hochkantig über eine gut 15 Zentimeter tiefe Schicht aus Algengräsern in einem ungefähr 3 Meter hohen und breiten Kubus an (Abb. 1.28).[149] Auch im Schallmessraum der Berliner Siemens & Halske AG wurde mit Watte experimentiert. Die Ziegelwände waren dabei, wie in einem zeitgenössischen Bericht detailliert nachzulesen ist, «zunächst mit Heraklithplatten verkleidet, darauf folgt eine etwa 10 cm dicke Schicht aus Schlackenwolle, darauf in etwa 10 cm Dicke








**1.28** **Zellstoffwattebahnen über Algengräsern als Wand-, Boden- und Deckenverkleidungen: reflexionsarmer Raum am britischen National Physical Laboratory. Abbildung aus dem *Journal of the Acoustical Society of America*, 1936.**

**1.29, 1.30** **Heraklithplatten, Schlackenwolle und Wattebahnen im akustischen Laboratorium von Siemens & Halske in Berlin. Fotografie und Grundrisszeichnung aus der *Akustischen Zeitschrift*, 1937.**

lose gelegte Wattebahnen und endlich als äußerste Schicht kulissenartig angeordnete Wattebahnen» (Abb. 1.29, 1.30).[150] Obwohl in regelmässigen Abständen Drahtgitternetze zwischen die Watteschichten gelegt wurden, blieb der Brandschutz unzureichend, da es «selbst bei bester Imprägnierung nicht möglich ist, die kleinen Wattehärchen ganz unbrennbar zu machen.» Gerade der «faserige Aufbau der Watte» war andererseits «für die gute Schalldämpfung wichtig», unterstrichen die Autoren in der Beschreibung ihres Versuchsraums.[151]

Ausserdem mussten die notwendigen Lüftungsöffnungen und insbesondere der Eingang aufwendig ausgebildet und präpariert werden, um keinen Laut von aussen nach innen dringen zu lassen. Nebst der Brandgefahr stellten sich in den isolierten Versuchsräumen also auch Probleme der Belüftung, was die Aufenthaltsdauer im Laboratorium einschränkte. Um die prekären Arbeitsbedingungen in den Laboratorien zu verbessern, musste wenigstens schwer entflammbares Material gefunden werden. In einer auf Englisch erschienenen Publikation von Erwin Meyer wurde für das Laboratorium der Siemens & Halske AG zwar eine erhöhte Feuerfestigkeit erwähnt, die dicken Filz-, Faser- und Baumwollschichten simulierten aber noch keinen grenzenlosen Raum, vielmehr schränkten die Dimensionen des Laboratoriums die testbaren Wellenlängen ein:

> The walls, floor, and ceiling are lined with cotton wool 25 cm in thickness, «Christmas tree» cotton wool being employed, which, by chemical treatment, is a little more fireproof than the normal variety. Behind the cotton wool there are layers of felt and fibre boards. Unfortunately most rooms of this kind are too small in comparison with the wavelengths in use […].[152]

Ein besonders hoher reflexionsarmer Raum wurde im 1939 fertiggestellten Neubau der französischen Postes, Télégraphes et Téléphones (PTT) in Paris geschaffen, wobei die runde Form des Raums darüber hinaus Reflexionen in den Ecken verhinderte (Abb. 1.31).[153] In den wattierten und gedämpften Akustiklaboratorien aus den 1930er Jahren waren die Schallreflexionen erheblich reduziert. Die Wandbehänge mit Filz, Stoffen und Watte konnten je nach Konstruktionstiefe ein gewisses Spektrum an kurzen und mittleren Wellenlängen absorbieren, stehen doch Wellenlänge und Tiefe der Absorber in direktem Zusammenhang.

Es war letztlich ein Versuchsraum von Meyer selbst, der zu einem Meilenstein in der Architektur sogenannt schalltoter Laboratorien wurde: Der am



1.31 «Chambre morte» der PTT-Laboratorien in Paris, 1939.

Institut für Schwingungsforschung in Berlin 1939 gebaute schallgedämpfte Raum stellte in Dimensionen und Aufwand in diesem Bereich alles bisher Dagewesene in den Schatten. Physiker des Instituts, das 1936 seinen «jüdischen Namen» Heinrich Hertz hatte ablegen müssen, veröffentlichten in der zweiten Jahreshälfte 1940, also bereits nach Kriegsbeginn, in der *Akustischen Zeitschrift* den Artikel «Eine neue Schallschluckanordnung hoher Wirksamkeit und der Bau eines schallgedämpften Raumes». Darin beschrieben sie ihre Konstruktion aus Absorberkeilen an Boden, Wänden und Decke. Diese war so ausgelegt, dass die Vervielfachung der Oberfläche durch die 32 000 Absorberkeile von einem Meter Gesamthöhe möglichst jede Reflexion schluckte. Vorgängig hatten die Berliner Akustiker um Meyer verschiedenste Geometrien und Grössen von Keilen auf ihre Absorptionsfähigkeit in diversen Frequenzbereichen getestet (Abb. 1.32). In dem Artikel heisst es:

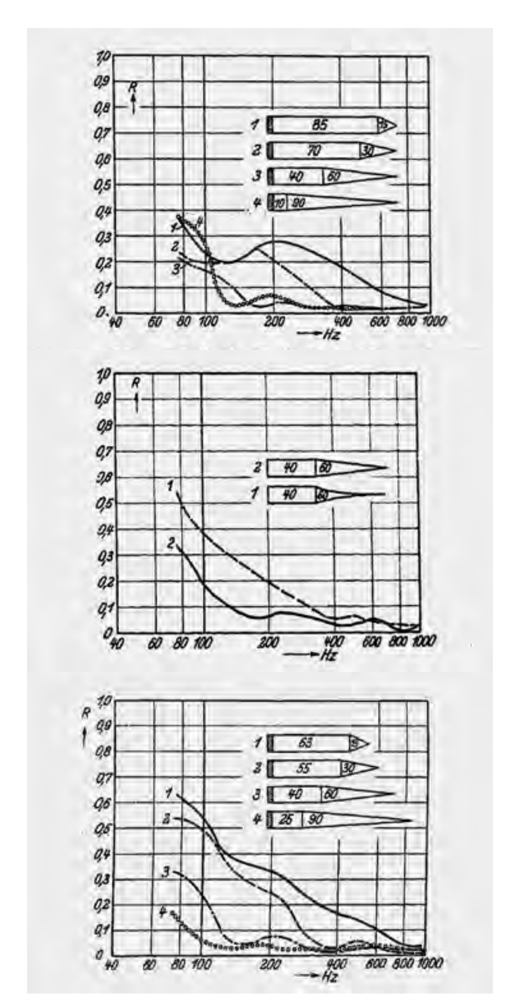
> Man erreicht die Anpassung durch einen allmählichen Übergang von Luft zu Stoff, indem man das Material kegel-, pyramiden- oder keilförmig aufbaut; durch eine Übergangsschicht mit allmählich zunehmender Querschnittsfläche des Schluckstoffes dringt der Schall in die homogene Schicht ein.[154]

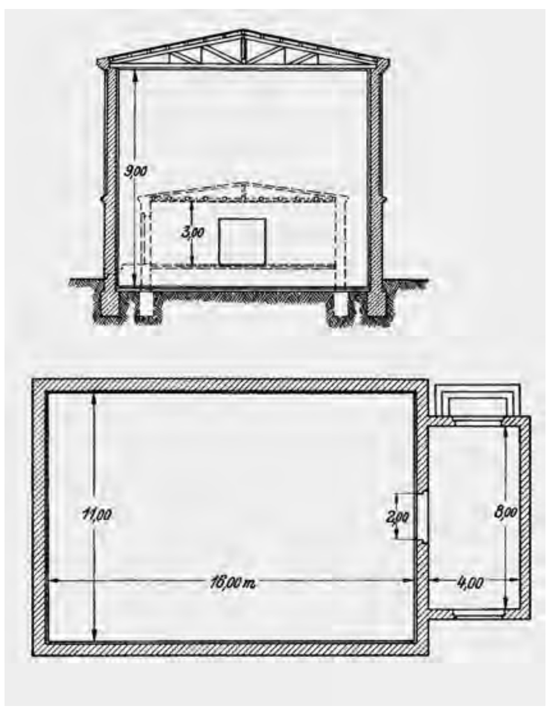
Mit dem Einbau der 32 000 Steinwollepyramiden in einen Raum von 16 x 11 x 9 Meter waren elf Arbeiter ganze viereinhalb Monate lang beschäftigt (Abb. 1.33, 1.34, 1.35).[155] Diese Arbeit geschah in mehrfacher Hinsicht unter schwierigen Bedingungen. Die gesundheitlichen Risiken durch eingeatmete Kleinstfasern der Steinwolle waren bekannt; erst im fertig gebauten Raum waren die winzigen Fasern in eine feine Stoffhülle gefasst. Die beiden veröffentlichten Bilder zur Produktion zeigen gleichwohl Menschen, die ohne Atemschutz arbeiten (Abb. 1.36).[156]

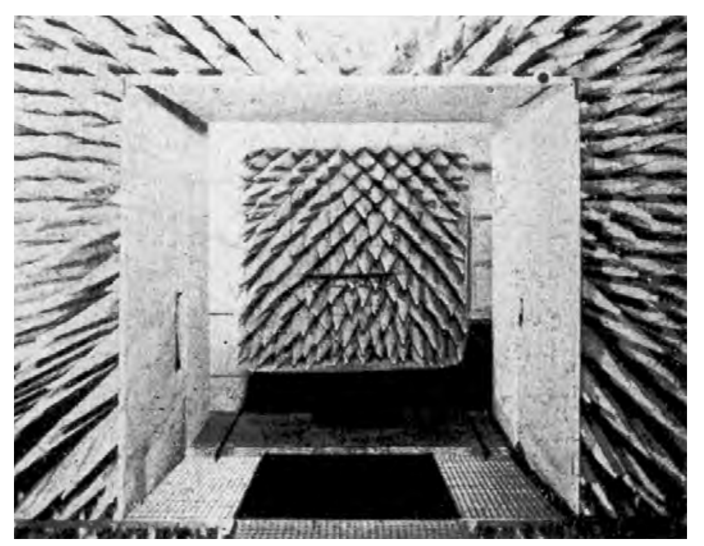
Mit der Publikation in einer international zugänglichen Fachzeitschrift, zu einem Zeitpunkt, als die Wehrmacht Polen, Frankreich, die Benelux-Staaten, Dänemark und Norwegen bereits überrollt hatte, war das Berliner Laboratorium ein Potenzbeweis der deutschen Forschung. Der Technikhistoriker Joachim Radkau stellte fest, dass sich die deutsche Industrie zur Zeit des Nationalsozialismus in die Hoffnung auf eine erfolgreiche Autarkiepolitik verbissen hatte, die indes «mehr aus einer technizistischen als aus einer betriebswirtschaftlichen Denkweise heraus» motiviert gewesen sei.[157] Ein Vergleich mit dem reflexionsfreien Laboratorium am Cruft Laboratory der Harvard University, für das das Berliner Vorbild genauestens studiert wurde, stützt diese These. Der amerikanische Akustiker Leo L. Beranek (1914–2016), der 1942 den Entwurf leitete, betonte, dass mit einer wirtschaftlich effizienteren Bauweise mindestens ebenso gute akustische Werte erreicht werden konnten:

> Yes, I knew about the chamber in Berlin. But, we wanted to build the best possible and that required studying the different shapes of irregularities on the walls. We found that their cones did not test as well as the rectangular pyramids. Hence, we did not copy that design.[158]

Beranek nannte die Berliner Steinwollepyramiden 1945 in einem als vertraulich gekennzeichneten Bericht «Stalagmiten» und «Stalaktiten».[159] Deren Form war in den Grundzügen vom Berliner Vorgängerraum übernommen und vergrössert worden. Während der Planung ihres eigenen reflexionsfreien Akustiklaboratoriums waren sich die amerikanischen Experten vorerst nicht einig über dessen Wirksamkeit. Nach der Fertigstellung wurde der neue Versuchsraum innerhalb des Cruft Laboratory, der wie auch das Jefferson Physical Laboratory Teil des Physikalischen Instituts der Harvard University war, dann aber zum Modellraum für alle weiteren elektroakustischen Laboratorien.



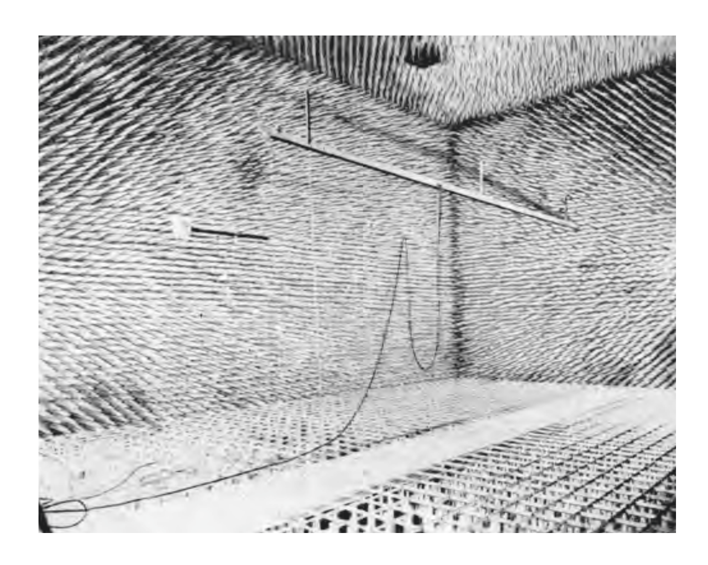



1.32 «Abhängigkeit der Reflexionszahl von dem Verhältnis Übergangslänge zu Länge der gleichmäßigen Schicht bei gleicher Stoffmenge»: 1939 durchgeführter Variantentest für Absorberkeile am Berliner Institut für Schwingungsforschung, publiziert in der *Akustischen Zeitschrift*, 1940.

1.33 Grundriss und Schnitt des schallgedämpften Raums am Berliner Institut für Schwingungsforschung.

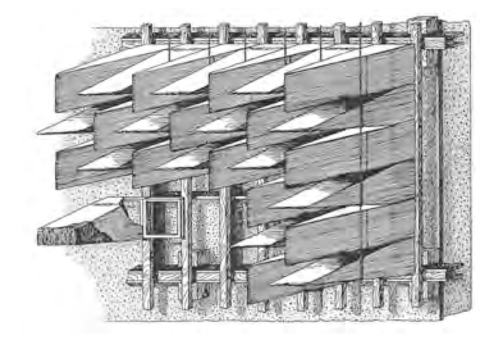
1.34 Der Durchgang ins Laboratorium als Schleuse: Auch die Öffnung des Laboratoriums nach aussen war mit Absorberkeilen ausgekleidet.

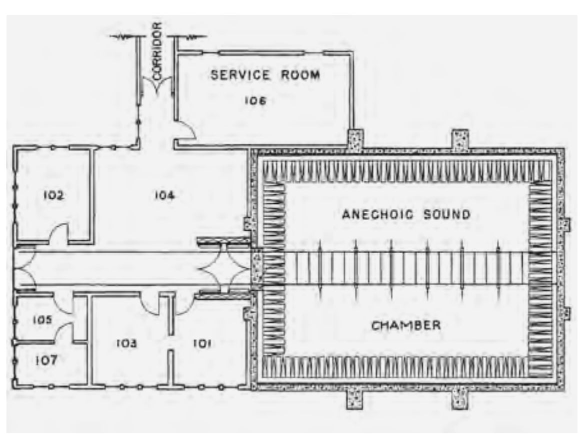




1.35 Mit 32 000 Absorberkeilen von jeweils einem Meter Tiefe vervielfacht, sollte die Oberfläche des Raums durch diese «neue Schallschluckanordnung hoher Wirksamkeit» möglichst jede Reflexion unterbinden.

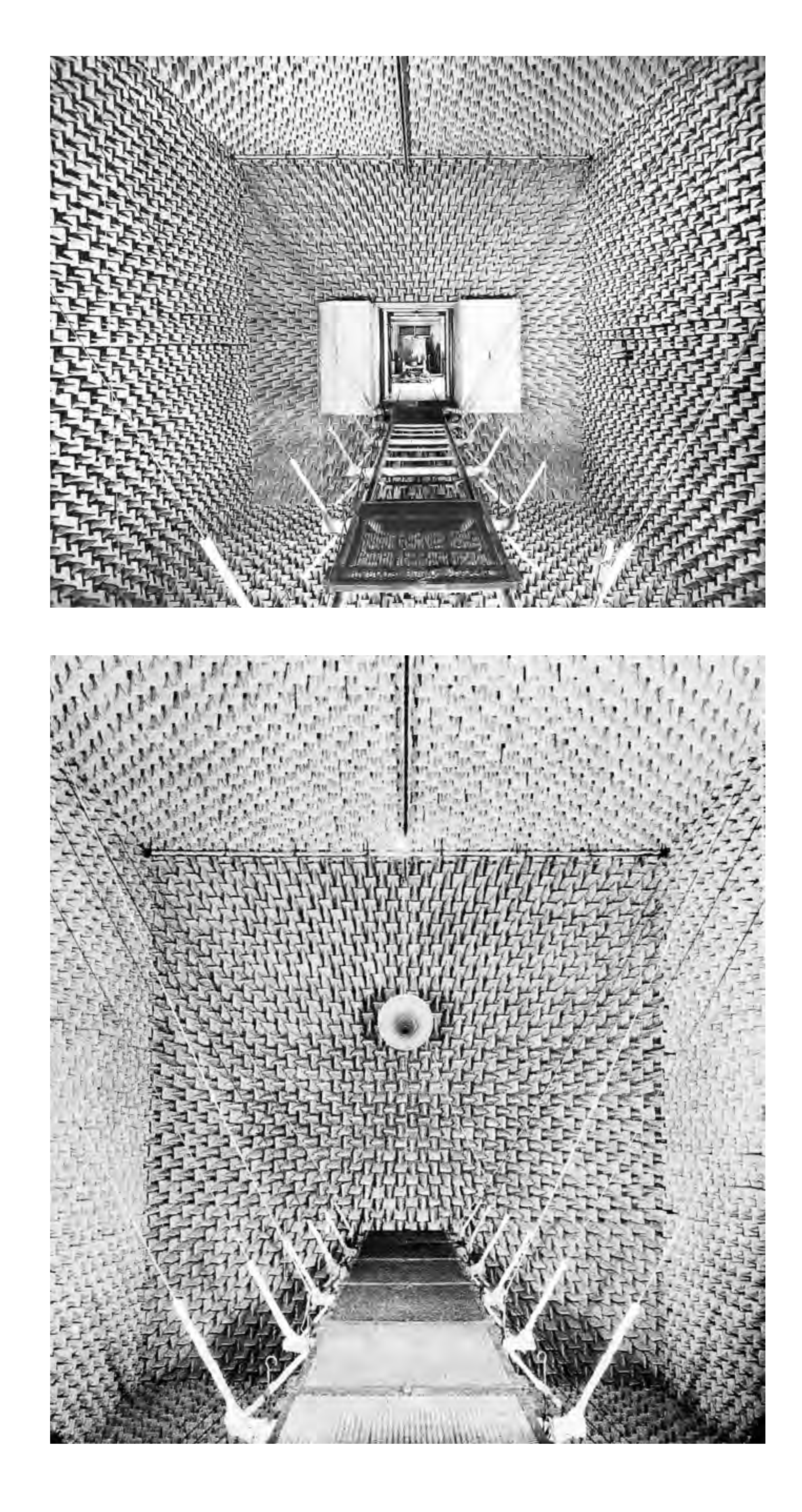
1.36 Dokumentation der Produktion der 32 000 «Schluckstoffkörper» aus 64 Tonnen Schlackenwolle und 18 000 Quadratmeter Gaze am Berliner Institut für Schwingungsforschung, 1939–1940.






1.37, 1.38 «Beranek's Box»: Der mit 19 000 fast 1,5 Meter tiefen Keilen ausgelegte «anechoische» (echofreie) Raum des Cruft Laboratory an der Harvard University von 1942/43. Abbildungen aus dem O.S.R.D. report No. 4190 vom 15. Oktober 1945.

1.39, 1.40 «Stalagmiten und Stalaktiten» nannten die Akustiker die von Leo L. Beranek unter Rückgriff auf die deutschen Forschungen weiterentwickelten Absorberkeile. Die grosszügige Finanzierung durch das National Defense Research Committee ermöglichte die Konstruktion einer akustischen Situation wie im «free-field» (Freifeld).



Das unter Beraneks Leitung von 1942 bis 1943 erstellte und kurz nach seiner Eröffnung in Electro-Acoustic Laboratory (EAL) umbenannte Laboratorium wurde im Rahmen eines staatlichen Programms des National Defense Research Committee (NDRC) finanziert. Dazu ist dokumentiert, dass das NDRC dem künftigen Labor 1940 das Zwanzigfache des Betrags zur Verfügung stellte, den Beranek eigentlich vorgeschlagen hatte. Über die gesamte Dauer des Kriegs betrugen die in der Buchhaltung als «Anonymous Research» festgehaltenen Zahlungen 1 213 000 Dollar, was heute einer Summe von etwa 40 Millionen Dollar entspräche.[160] Es war nach dem Berliner Raum der zweite bekannte dieser Art und seinerzeit der grösste weltweit.

Die Wände des 38 x 50 x 38 Fuss (circa 11,6 x 15,2 x 11,6 Meter) grossen EAL waren mit 19 000 nahezu 1,5 Meter tiefen Keilen versehen, die auf Korkzement und Fiberglasplatten montiert waren und kaum Nachhall im hörbaren Bereich zuliessen (Abb. 1.37–1.40).[161] Mit enormem Materialaufwand wurden die akustischen Charakteristika des Raums unwirksam gemacht, was vorerst nicht unangezweifelt war, wie Leo L. Beranek sich fast hundertjährig erinnerte:

> There had been some doubts before construction by such people as Dr. Harvey Fletcher at the Bell Telephone Laboratories when they reviewed my plans to build the chamber. I told Dr. Fletcher that many carloads of material were going into the chamber and the wedges had been shown in laboratory experiments to be superior to other shapes. Hence, I was sure the chamber would be successful. When built, the Harvard anechoic chamber was all that I had predicted. When the war was over, Bell Telephone Laboratories, at Murray Hill, New Jersey, asked me to visit them to help plan a new anechoic chamber. There was no question but that they thought the Harvard chamber was a success.[162]

Bereits in einer Beschreibung des EAL in einem Bericht an das NDRC vom 15. Oktober 1945 und kurze Zeit später im Fachjournal *JASA* hatte Beranek das Wort «anechoic» geprägt, das die Brücke vom griechischen «Echo» zur Elektroakustik schlägt: «The word is made up of the Greek prefix an-, meaning not or without, the Greek word ēchō, meaning echo and the adjectival suffix -ic, meaning characterized by.»[163]

Der sozusagen reflexionsfreie Raum, den man mit diesen Konstruktionen herzustellen versuchte, sollte aus akustischer Sicht ein Raum ohne Begrenzung sein. «Freifeld» oder «free-field» ist, wie erwähnt, ein Begriff aus

der Fachsprache für Direktschallmessungen ohne Reflexionen. Die abgeschlossene Umgebung des Laboratoriums sorgte auch dafür, dass keine Störgeräusche eingelassen wurden und die Versuche in der Nachbarschaft nicht zu hören waren. Die verschiedenen Schichten der Ummauerung (dazu gehören auch die Nebenräume) schufen eine störungsfreie Zone für die elektroakustische Messung der feinsten Schwingungen der Luft.

Während der Kriegsjahre wurde sogar versucht, in «Beranek's Box», wie das EAL am Cruft Laboratory genannt wurde, Kriegsschauplätze zu simulieren. Wie bei einer Truppenlandung auf offenem Feld oder an einem weiten Strand wurden im Laboratorium Lautsprecherdurchsagen in enormer Lautstärke getestet. Dafür wurden schwerste Grosslautsprecher auf Gleisen ins Laboratorium eingefahren:

> The Army believed that powerful sound systems could be mounted on trucks, which, when deployed during landings on beaches, could be used to give soldiers oral instructions – or, alternatively, on land for deception to simulate tank and truck noises at battlefield locations, for example. Because of the intense sound levels such systems produced, they could not be tested outdoors in inhabited areas. A large chamber had to be built and lined with an acoustical material that would replicate the outdoor environment, which is to say, that would reflect no sound back to the loudspeakers – and very important, that would allow no audible sound to escape.[164]

Doch bereits nach wenigen Monaten verlagerte sich die Forschung weg von solchen Grosslautsprechern und hin zu Kopfhörern und Mikrofonen, die für Piloten und in der Schiffsnavigation eine bessere Kommunikation und in der Folge Sicherheit versprachen.[165]

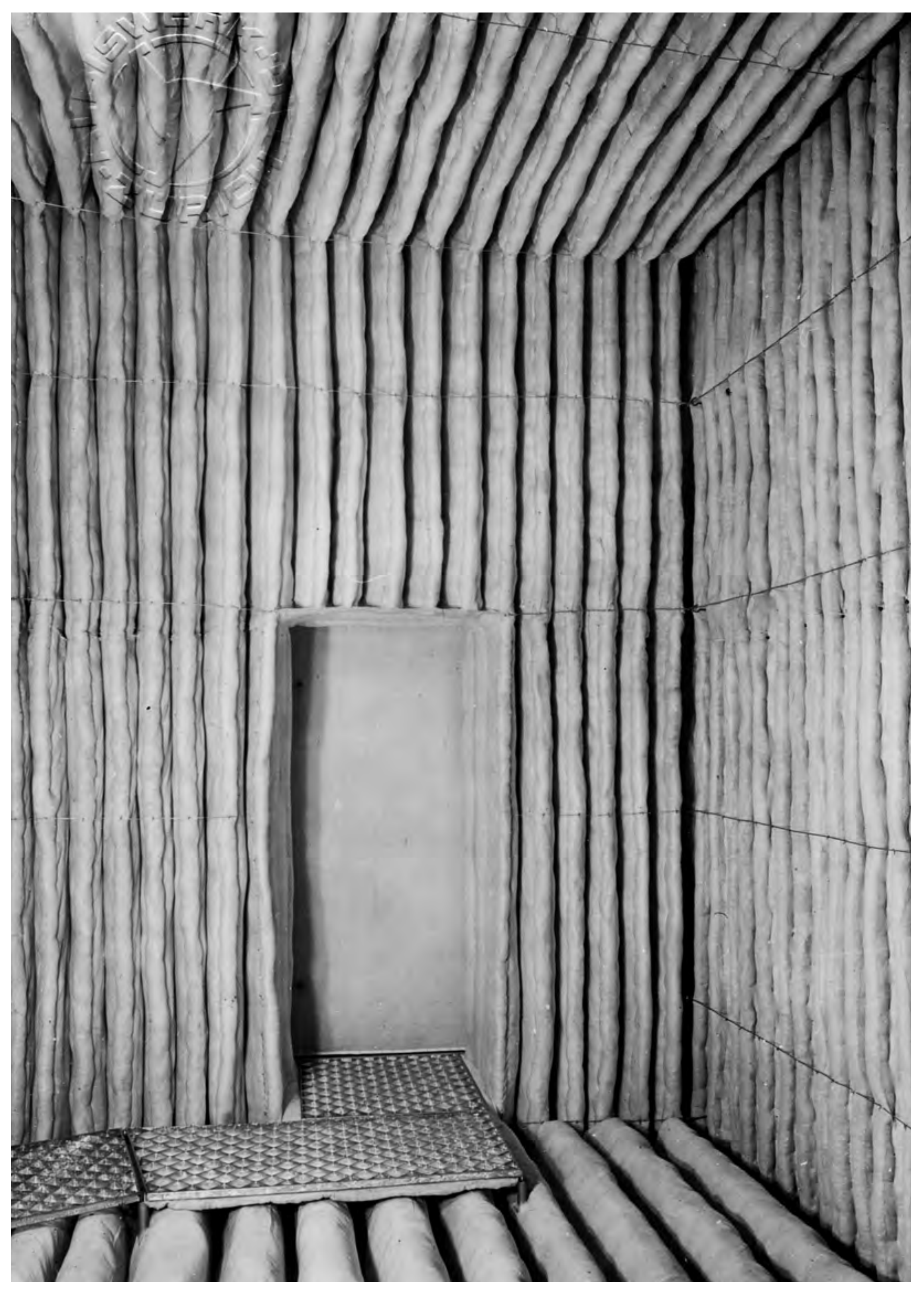
Die Umbenennung in Electro-Acoustic Laboratory im Herbst 1943 erfolgte übrigens, um dadurch die Zusammenarbeit mit dem kleineren Psycho-Acoustic Laboratory (PAL) zu unterstreichen, das 1940 ebenfalls im Rahmen des NDRC-Auftrags eingerichtet worden war und unter der Leitung des Psychologen Stanley Smith Stevens (1906–1973) stand.[166] Der Ruf der beiden Laboratorien reichte dabei weit über die Fachwelt hinaus. So stattete beispielsweise der Komponist und Zufallstheoretiker John Cage (1912–1992) ihnen Anfang der 1950er Jahre einen legendären Besuch ab.[167] Während die Arbeit im PAL nach dem Krieg noch einige Jahre fortgesetzt wurde, stellte das EAL seine Aktivitäten 1945 weitgehend ein, 1968 wurde es abgerissen.[168]

Die sowohl in Nazi-Deutschland wie auch in den USA unter Meyers beziehungsweise Beraneks Leitung erzielten Durchbrüche im Bau reflexionsfreier Laboratorien waren – durch die politische Situation angetrieben – das Ergebnis der Fortführung vorausgehender Forschungen.

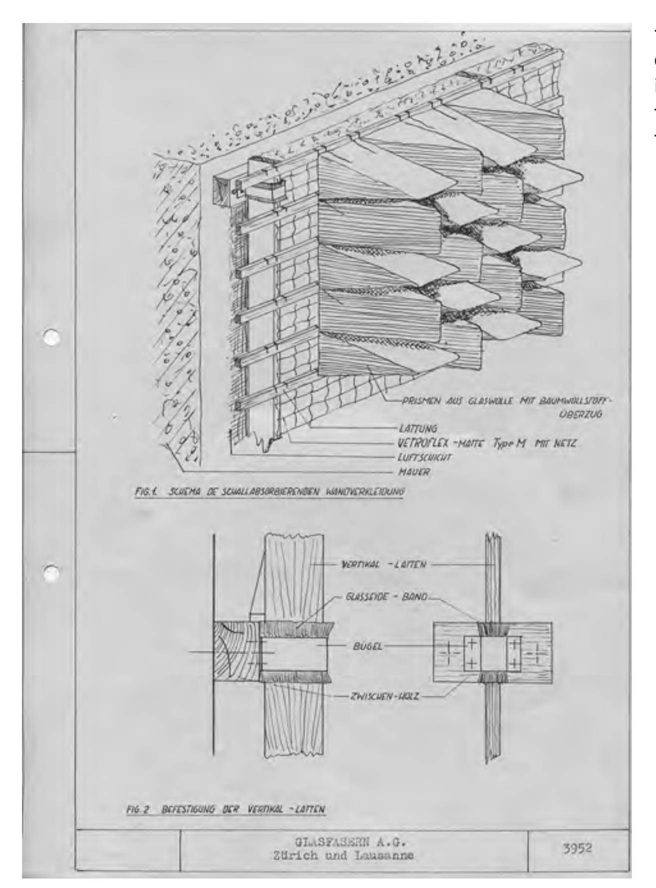
Dem Historiker Thomas Hughes zufolge, der mit seiner These der sozialen Konstruktion von technischer Innovation bekannt wurde, kann das Ursprungsmoment solcher Techniken nie eindeutig zugeordnet werden. Das schalltote akustische Laboratorium an der Harvard University von 1942 wie auch der Berliner Versuchsraum von 1940 sind innerhalb von Hughes' Kategorien «junge» technische Systeme, die stärker durch soziale Voraussetzungen determiniert seien, während «reife» zu unerwarteten Eigendynamiken tendieren würden.[169] Im Zuge der Kriegsvorbereitungen und Kriegsanstrengungen wurden dabei zuvor nie dagewesene Geldmengen für die elektroakustische Forschung freigesetzt. Diese ermöglichten im Vorfeld und während des Zweiten Weltkriegs auch den Bau von extrem aufwendigen, material- und arbeitsintensiven Versuchsräumen, in welchen ein breites Spektrum von Schallwellen absorbiert werden konnte.

Unter diesen Extrembedingungen interessierte sich die akustische Forschung immer weniger für spezifische Raumeigenschaften wie Geometrie, Volumen und Materialbeschaffenheiten, wie sie für Hallräume wichtig waren. Die Nutzung dieser Räume, die Reflexionen über harte Oberflächen und im Raum aufgehängte schallharte Reflektorflächen maximierten, wurde zunehmend auf wenige Funktionen reduziert, etwa auf Messungen des Schallabsorptionsgrads und der Schallleistung oder andere Spezialmessungen. An einzelnen Instituten wurden an der Decke sogar Rotoren montiert, um so ein diffuses, stark streuendes Schallfeld zu erzeugen, welches noch weniger die spezifische Räumlichkeit als eine verallgemeinerbare Schallsituation wiedergab.[170]

Für die Mehrzahl der Versuche war nach dem Zweiten Weltkrieg ein schalltotes, oder genauer, reflexionsarmes Laboratorium vonnöten. So brauchte letztlich fast jedes mit der Thematik befasste Forschungsinstitut ein solches, und das nicht nur an den staatlichen Lehr- und Forschungseinrichtungen, sondern auch in der Privatindustrie. In dieser Sache kontaktierte der Direktor der zu Siemens gehörenden Albiswerk Zürich AG im April 1945 den Privatdozenten Willi Furrer an der ETH Zürich. Furrer verwies Rudolf Sontheim (1916–2007), der sich später bei der Entwicklung der Kernenergie in der Schweiz einen Namen machen sollte, auf drei Fachpublikationen aus den Jahren 1936 bis 1940, in denen Schallmessräume beschrieben sind, darunter der erwähnte Bericht von Erwin Meyers Team über das Labora-



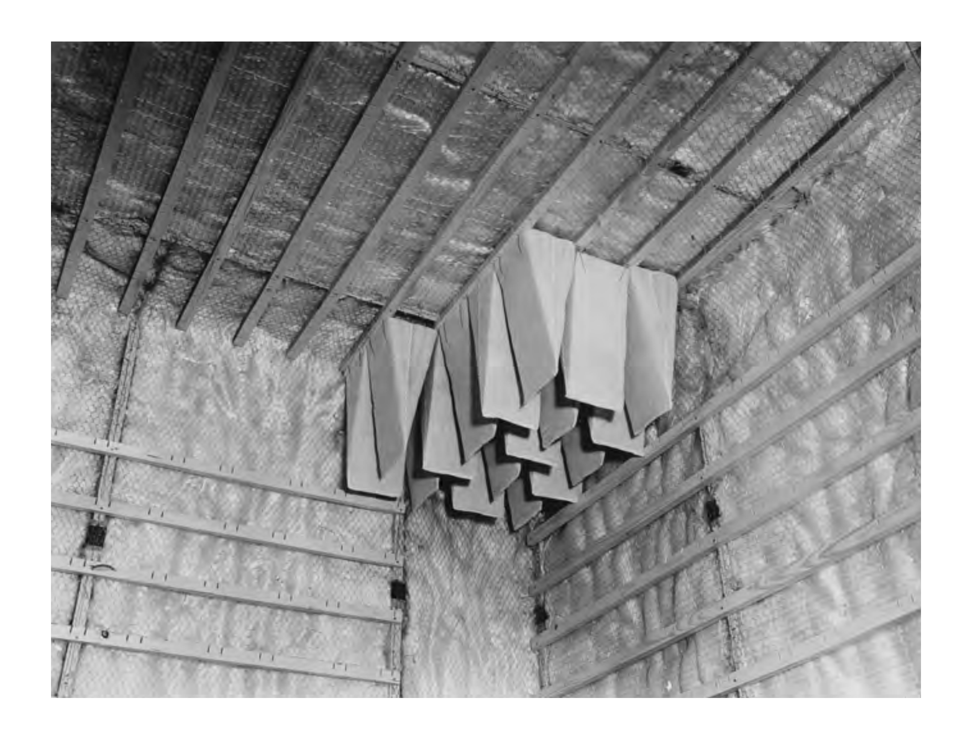
1.41 Auch in Zürich wurden reflexionsarme Laboratorien für akustische Versuche gebaut, zuerst für das Albiswerk, 1945/46.




**1.42, 1.43 Ein neues Akustiklaboratorium für die ETH Zürich wurde ca. 1948 von Willi Furrer in einem Restraum des Neubaus für das Institut für Hochfrequenz- und Schwachstromtechnik initiiert.**

torium am Berliner Institut für Schwingungsforschung.[171] Entgegen der ursprünglichen Absicht, die Decke geneigt aufzuhängen und den Raum polygonal auszuführen, wurde im Albiswerk zugunsten eines grösseren Raumvolumens die Decke horizontal eingezogen und die Ecken wurden stumpf angewinkelt: Nicht mehr die Raumgeometrie, sondern das Material, in diesem Fall «Isover-Glaswolle emulgiert, Stopfdichte 60 kg/m³, Stopfhöhe 15–20 cm/kg», sollte die akustischen Eigenschaften garantieren (Abb. 1.41).[172]

Die Pläne und Fotos des im Winter 1945/46 installierten Schallmessraums im Zürcher Albiswerk waren wiederum eine Referenz, als drei Jahre später ein reflexionsfreier Raum für Schallmessungen am Institut für Hochfrequenz- und Schwachstromtechnik der ETH Zürich geplant wurde (vgl. Abb. 1.01).[173] Die Initiative für die Einrichtung dieses Raumes wird Willi Furrer zugeschrieben, der im Jahr nach seiner Ernennung zum Titularprofessor gemäss mündlicher Überlieferung in den Plänen für den Technikbereich im Untergeschoss der Hochschule einen Restraum unter der Treppe ausfindig machte. Dieser eignete sich dank der nicht rechtwinkligen Wände und der



grossen Raumhöhe für ein reflexionsarmes Laboratorium.[174] Wichtiges Vorbild blieb bei alldem Beraneks Box, wo die Absorberkeile wegen ihrer Grösse und Konstruktion extrem tiefe Frequenzen absorbieren konnten. Wohingegen Meyers Laboratorium von 1940 nach und nach in Vergessenheit geriet, wohl nicht zuletzt, weil der Raum wie das komplette Berliner Institutsgebäude im Zweiten Weltkrieg völlig zerstört wurde und die Dokumentation vermutlich mit verbrannte, auf jeden Fall aber verloren ging.

Wie in den meisten reflexionsarmen Räumen der Nachkriegszeit wurden auch die Wände des Furrer'schen Versuchsraums an der ETH Zürich mit zahlreichen konischen, fasergefüllten Absorbern bestückt, welche Reflexionen im hörbaren Bereich schluckten. Die Instruktion an die mit der Installation der Prismen betrauten Unternehmen dazu lautete: «Nach den Angaben von Prof. Furrer soll der Schall, an Wänden, Decke und Boden durch, auf einem Holzlattenrost gefestigte, aus zusammengeklebter Glaswolle bestehenden Prismen, absorbiert werden.»[175] Hinter den Prismen und Holzlatten befand sich eine 10 Zentimeter starke Glaswollematte, die mit einer Luftschicht zu Wänden und Decke montiert wurde (vgl. Abb. 1.42, 1.43, 1.44). Ein Vergleich mit dem damals grössten reflexionsfrei ausgebauten Raum der Welt, der von General Electric in Pittsfield, Massachusetts, betrieben wurde und über Innenmasse von 58 x 48 x 43 Fuss (circa 17,7 x 14,6 x 13,1 Meter) verfügte,[176] macht aber deutlich, dass das fast dreieckige Laboratorium im

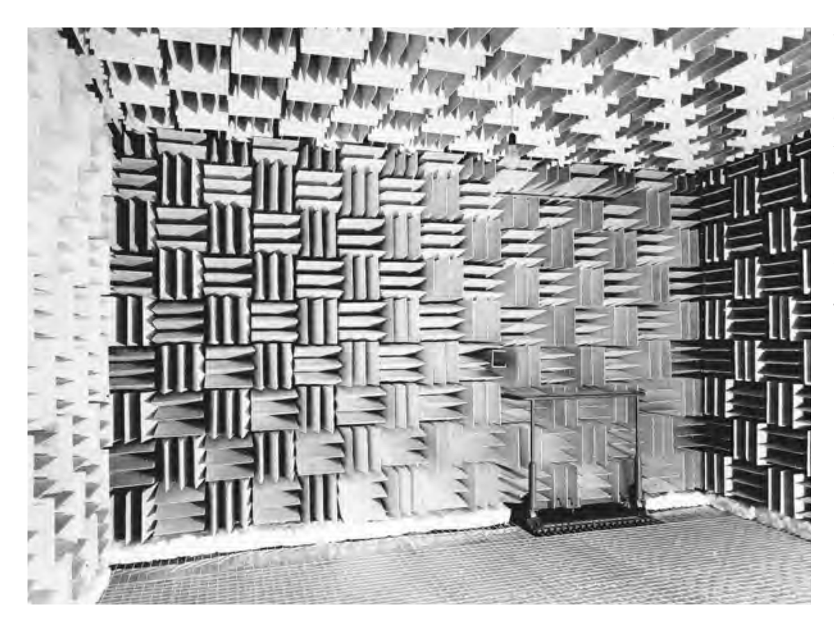


Nordwesttrakt der ETH mit maximalen Raumtiefen von 8,03 Meter und 5,60 Meter im Leerraum insgesamt doch recht klein war.

Nicht wesentlich, aber etwas grösser als das ETH-Laboratorium war der im Dezember 1953 unter der Leitung von Anselm Lauber (1920–1995) in Betrieb genommene reflexionsfreie Raum bei den PTT in Bern (Abb. 1.45). Durch den Einbau der Schichten und Prismen für die Schalldämpfung reduzierte sich die Leermasse des, anders als an der ETH, konventionell rechteckigen Kellerraums von 6,12 x 5,55 x 4,20 Meter auf 5,00 x 4,40 x 2,60 Meter. Die Absorberkeile bestanden auch hier aus Glaswolle, der gemahlene Stahlwolle beigemischt war.[177]

Referenz für den Berner Raum war ein Laboratorium von Erwin Meyer: das ein Jahr zuvor fertiggestellte reflexionsarme Laboratorium in Göttingen – der neuen Forschungsstätte Meyers – mit insgesamt 4500 Absorberkeilen (Abb. 1.46, 1.47). Allerdings waren die Keile hier aus Glaswolle und Graphit, was in der Produktion aufwendiger war als die von Lauber für Bern empfohlenen Keile aus gemahlener Stahlwolle.

In Göttingen wurden unter Meyers Ägide von 1963 an wegweisende Versuche zum räumlichen Schallfeld und zum Richtungshören unternommen.



1.44 Lautsprecher- und Mikrofonversuche im reflexionsarmen Raum an der ETH Zürich, um 1950.
1.45 Der im Dezember 1953 unter Anselm Lauber in Betrieb genommene, mit Stahlwollekeilen ausgekleidete reflexionsfreie Raum in der Generaldirektion der PTT in Bern.

Mittels Lautsprechern und Lautsprechergruppen in Kreis-, Bogen und Kuppelkonstruktionen wurde dieses erprobt.[178] Nun wurden die physikalisch-akustischen und die psychoakustischen Phänomene im gleichen Raum getestet und simuliert.

Was um 1930 ganz einfach «Hörschwelle» hiess, wurde im Zuge der Forschung der Nachkriegszeit als «absolute Wahrnehmbarkeitsschwelle (AWS)» konzeptualisiert.[179] In Meyers Göttinger Labor wie auch andernorts wurde nicht mehr nur erprobt, wann das menschliche Gehör überhaupt etwas hört, sondern auch präzise ausgelotet, wie Schallsignale physiologisch im Raum verortet werden.[180] Im Jahr 1965 waren zum Beispiel in einer Installation achtzig Lautsprecher im Raum verteilt, wovon fünfundsechzig in einer Kuppel mit 2,6 Meter Durchmesser über der Versuchsperson und fünfzehn in einer horizontalen Ebene angeordnet waren (Abb. 1.47).[181]

Die Materialisierung der Laboratorien in ihrer Entwicklung von Kork und Algengras zu Glaswolle und Graphit folgte der Ambition, den physischen Raum akustisch unwirksam zu machen. Mit den während des Zweiten Weltkriegs von Meyer und Beranek konzipierten Laboratorien in Berlin und Harvard erreichte die Entwicklung, Räume so stark zu dämpfen, dass sie als reflexionsfrei oder anechoisch bezeichnet werden konnten, einen Höhepunkt. In der Nachkriegszeit wandte sich die Aufmerksamkeit der Wissenschaftler dann vermehrt dem räumlichen Schallfeld zu. Dieses wurde konstruiert und vermessen – mit dem Ziel, es elektroakustisch zu simulieren. Zum einen war dies die Voraussetzung für heutige Techniken





**1.46, 1.47 Insgesamt 4500 mit Glaswolle und Graphit gefüllte Keile schluckten in Erwin Meyers Laboratorium in Göttingen den Schall. Die kreis- und domförmigen Lautsprecherarrays im Bild waren für Tests zum räumlichen Hören installiert. Abbildungen von 1964 (links) und 1965 (rechts).**

wie Ambisonics, Wellenfeldsynthese und auch Virtual und Augmented Reality, wo der Unterschied zwischen dem physischen und dem medialen Raum zuweilen verschwindet. Zum anderen liess der Raum sich dadurch klanglich individualisieren.

So wurde die Umwelt durch die konzeptuellen und methodischen Verbindungen von Wahrnehmung und Technik zugleich kontrolliert und individualisiert. Im dritten Band seiner Sphären-Trilogie *Schäume* kreierte Peter Sloterdijk mit dem Begriff «Individualphonotop» ein akustisches Kunstwort, das diese zunehmend steuerbare Umwelt treffend beschreibt: Vom Weckergeräusch bis zum Rasierapparat und Toaster kann alles getunt werden, und bei Bedarf erzeugen In-Ear-Speakers direkt im Ohr einen eigenen Klangraum, eben ein «Individualphonotop».[182] Die Bewohnerinnen und Bewohner einer Welt aus gestaltbaren Klangblasen können demnach in einem einzigen grossen Raum, akustisch separiert, ungestört verschiedensten Aktivitäten nachgehen – ein Gedanke, dem einige der in diesem Buch diskutierte Architektinnen und Architekten in unterschiedlicher Art und Weise Gestalt verliehen haben.

1 Nachschrift und Skriptum der im Semesterprogramm als «Architektur-Akustik und Schallisolation» festgehaltenen Vorlesung von Franz Max Osswald an der ETH Zürich im Wintersemester 1932/33, o. S., Hochschularchiv / ETH Zürich, Nachlass Rolf Meyer-von Gonzenbach.
2 Osswald verortete das Erscheinen im Jahr 1921, auf das das Vorwort der tatsächlich dann 1922 erschienenen *Collected Papers on Acoustics* von Wallace C. Sabine datiert ist, vgl. Osswald 1929, S. 7. Die erste Biografie über Wallace Clement Sabine wurde von seiner Witwe in Auftrag gegeben; siehe Orcutt 1933. Die erste kritische Biografie behandelte auch seine Nachfolger; siehe Kopec 1997.
3 Osswald 1929, S. 7.
4 Franz Max Osswald, Subventionsgesuch an die Eidgenössische Stiftung zur Förderung schweizerischer Volkswirtschaft durch wissenschaftliche Forschung, 14. Februar 1924, S. 2, Hochschularchiv / ETH Zürich, Hs 1516.
5 Osswald wurde am 13. August 1879 als Bürger von Augsburg in Winterthur geboren; seine Ehe mit Lilly Osswald, geborene Ernst (1883–1959), blieb kinderlos; Bürgerregister der Einwohnerkontrolle, Stadtarchiv Winterthur.
6 Vgl. Franz Max Osswald, Curriculum Vitae, Beilage zum Habilitationsgesuch, 24. Oktober 1927, Hochschularchiv / ETH Zürich, SR3:1928/170.
7 Franz Max Osswald, Brief an den Präsidenten des Schweizerischen Schulrates, 12. Januar 1934, 5 S. [S. 1], als Beilage zum Protokoll zur Schulratssitzung vom 3. Februar 1934, Hochschularchiv / ETH Zürich SR3:1934/232.14. Der Brief wurde betreffend der «Ordnung des Unterrichts in Akustik» (Punkt 7 im Schulratsprotokoll [online] / Traktandum 14 in den Sitzungsunterlagen [Mikrofiche]) auszugsweise vorgelesen. Im Konzernarchiv der Sulzer AG konnten keine Unterlagen zu Osswald ausfindig gemacht werden; Christine Müller (Archivarin der Sulzer AG), mündliche Auskunft an die Autorin, 24. Mai 2012.
8 Osswald, Brief an den Präsidenten des Schweizerischen Schulrates, 12. Januar 1934, S. 1, Hochschularchiv / ETH Zürich, SR3:1934/232.14.
9 Franz Max Osswald, Subventionsgesuch an die Eidgenössische Stiftung zur Förderung schweizerischer Volkswirtschaft durch wissenschaftliche Forschung, 14. Februar 1924, S. 2, Hochschularchiv / ETH Zürich, Hs 1516. Das Gesuch über 7000 Franken gliederte sich in 3500 Franken für Honorare, Löhne und Spesen und 3000 Franken für den Apparatebau, der Rest war für Druckkosten und Reserven veranschlagt.
10 Das Laboratorium für angewandte Akustik gehörte zu den ersten ganz oder grösstenteils von der «Eidgenössischen Stiftung zur Förderung schweizerischer Volkswirtschaft durch wissenschaftliche Forschung» finanzierten Einrichtungen, siehe Burri 2005.
11 Franz Max Osswald, Habilitationsgesuch an den Schweizerischen Schulrat, 24. Oktober 1927, S. 2, Hochschularchiv / ETH Zürich, SR3:1928/170.
12 Ebd.
13 Osswald, Institut für angewandte Akustik, 1938, S. 162. In diesem Bericht von 1938 datierte Osswald die Einrichtung des Laboratoriums auf 1927. Möglicherweise geschah der Umzug in eigene Räume erst 1929, in Verbindung mit seinem Antritt als Privatdozent infolge des Gesuchs um die Venia Legendi. Zur erfragten «Überlassung der Räume 39A und 35/36A» als Laboratorium und Demonstrationsraum mit Sammlung siehe auch Fussnote 30.
14 Osswald 1929, S. 7; Hervorhebung im Original.
15 Gutachten von Franz Tank, 23. Dezember 1927, und von Gustav Gull, 3. Januar 1928, Hochschularchiv / ETH Zürich, SR3:1928/170, Nr. 3/4.
16 Vgl. Josef Zemp, Brief an den Präsidenten des Schweizerischen Schulrats, 28. Januar 1928, 3 S., Hochschularchiv / ETH Zürich, SR3:1928/170, Nr. 1–4, 7e.
17 Vgl. Sitzungen des Schweizerischen Schulrats 1928, Sitzung Nr. 2, 14. Mai 1928, S. 44, Hochschularchiv / ETH Zürich, SR2.
18 Nachschrift und Skriptum zur Vorlesung «Architektur-Akustik und Schallisolation» von Franz Max Osswald, WS 1932/33, o. S., Hochschularchiv / ETH Zürich, Nachlass Rolf Meyer-von Gonzenbach.

19 Osswald, Brief an den Präsidenten des Schweizerischen Schulrates, 12. Januar 1934, S. 3, Hochschularchiv / ETH Zürich, SR3:1934/232.14.
20 Osswald 1929, S. 7, Die Orthografie folgt dem Original, auch in den folgenden Zitaten Osswalds.
21 Vgl. Schmid/Moran o. J., S. 9–10.
22 Miller 1935, S. 99. Neben seiner vielseitigen wissenschaftlichen Tätigkeit spielte Dayton C. Miller Querflöte und sammelte Blasinstrumente. Als eine der Leitfiguren bei der Konsolidierung der akustischen Wissenschaften als akademische Disziplin war er von 1931 bis 1933 Präsident der ASA, verband – wie so viele Wissenschaftler der Akustik – in seiner eigenen Biografie Physik und Musik und hatte im Laufe der Jahre auch eine grosse Instrumentensammlung angelegt. Seine Sammlung umfasste über 1500 Instrumente aus fünf Jahrhunderten; vgl. Fletcher 1943, S. 61; vgl. auch die Dayton C. Miller Flute Collection, https://www.loc.gov/collections/dayton-c-miller-collection/about-this-collection/ (abgerufen am 1. Juli 2018). 2011 erschien eine vom Autor selbst im Titel als «informell» bezeichnete Biografie über Miller, siehe Fickinger 2011.
23 Vgl. die Kurzdarstellung auf der Website der ASA, https://acousticalsociety.org/history/ (abgerufen am 1. Juli 2018); Waterfall 1929, S. 6.
24 Literatur: Die Schalltechnik, 1928, S. 168.
25 Als Herausgeber von *Die Schalltechnik* fungierten der Ingenieur Werner Genest (1881–1956) und der promovierte Politikwissenschafter Hugo Stössel (Daten unbekannt) vom Vorstand der Emil Zorn AG.
26 Die bis zuletzt vom Vorstand der Firma herausgegebene Zeitschrift *Die Schalltechnik* stellte 1940 ihr Erscheinen ein, möglicherweise im Zuge der ersten, nach Beginn des Zweiten Weltkriegs von den nationalsozialistischen Machthabern verordneten Presseschliessungen. 1953 wurde *Die Schalltechnik* von der Emil Zorn AG noch einmal wiederbelebt, 1967 schliesslich aber endgültig eingestellt. Die Emil Zorn AG selbst war in den 1910er Jahren von Werner Genest und Hugo Stössel aufgekauft worden und entwickelte sich in den Folgejahren zu einem führenden Hersteller von Isolierprodukten in Deutschland, der über Partnerfirmen von Stössel auch mit Anbietern in den USA geschäftlichen Austausch pflegte. Nach dem Zweiten Weltkrieg verlegte die Firma ihren Hauptsitz nach Eichenberg bei Kassel. 1975 meldete die Emil Zorn AG zwar Konkurs an, wurde später aber als EZO-Isolierstoffe weitergeführt, bis auch diese Firma Ende der 2000er Jahre ihre Produktion einstellte und 2011 liquidiert wurde.
27 Die Deutsche Forschungsgemeinschaft war im Oktober 1920 als Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft auf Betreiben Fritz Habers als Verein gegründet und 1929 in Deutsche Gemeinschaft zur Erhaltung und Förderung der Forschung (Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft) umbenannt worden, wobei sich im internen und bald auch externen Sprachgebrauch der Kurzname Deutsche Forschungsgemeinschaft einbürgerte, der 1938 schliesslich so auch ins Vereinsregister eingetragen wurde. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde 1949 auf Initiative der Bundesländer und Hochschulen abermals eine Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft ins Leben gerufen, die wiederum 1951 mit dem ebenfalls 1949 konstituierten wissenschaftspolitisch ausgerichteten Deutschen Forschungsrat zur – nun wieder – Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) fusionierte. Zur Geschichte der DFG vgl. den Abriss auf der Website der DFG, www.dfg.de/dfg_profil/geschichte/index.html (abgerufen am 1. Juli 2018).
28 Vgl. Guicking 2012, S. 19–20.
29 Zur Geschichte der SGA vgl. den kurzen Abriss auf der Website der SGA, www.sga-ssa.ch/de/geschichte/ (abgerufen am 1. Juli 2018).
30 Die 1938 in der *Schweizerischen Bauzeitung (SBZ)* publizierten Pläne des Raumes 35A (Osswald, Institut für angewandte Akustik, 1938, S. 162) erlauben dessen Zuordnung innerhalb des Hauptgebäudes der ETH Zürich (erstellt von Gottfried Semper von 1860 bis 1865, erweitert von Gustav Gull von 1915 bis 1924). Wie Dieter Weidmann im Zuge der Recherchen für seine Dissertation mit Hilfe der publizierten Grundrisse der Südwestecke

des südlichen Innenhofs herausfand, entsprachen Raummasse, Höhenverhältnisse und Fenster dem fraglichen Raum in Gulls Untergeschossgrundriss. Dieter Weidmann, E-Mail an die Autorin, 24. Mai 2013.

31 Osswald 1929, S. 7.

32 Vgl. die Ausführungen in der DIN 1320, S. 5.

33 Vgl. P. E. Sabine 1932, S. 104.

34 Ähnlich relativ scheint der Begriff des «Eichens» in Osswalds Beschreibungen der Messanordnung, in der er Messungen an eine in seinem Labor normierte Referenz bindet, zum Beispiel an eine der drei Fensternischen als «Eichfenster», vgl. Osswald, Institut für angewandte Akustik, 1938, S. 162, Abb. 3.

35 Vgl. Schmidgen 2008, S. 52–55.

36 Tigerstedt / Bergqvist 1883, S. 17.

37 Vgl. Scripture 1895, S, 41–42.

38 Friedrich Chaumont Eugen Michel war seit dem 1. Oktober 1907 etatmässiger Professor für Statik der Baukunst an der Abteilung I für Architektur der Technischen Hochschule Hannover. Seine Lehrgebiete umfassten Statik, Baukonstruktionslehre und Raumakustik. Nach seiner Emeritierung am 1. April 1938 vertrat er seine Lehrgebiete bis zum Wintersemester 1944/45; vgl. Personalakte Eugen Michel, TIB Hannover, Az 51-1-Michel, Eugen. Darüber hinaus Universitätsarchiv Hannover, E-Mail an die Autorin, 22. Januar 2015.

39 Vgl. Thompson 2002, S. 60.

40 Osswald, Brief an den Präsidenten des Schweizerischen Schulrates, 12. Januar 1934, S. 2, Hochschularchiv / ETH Zürich, SR3:1934/232.14. Bei dem Osswald zugesprochenen Assistenten handelt es sich vermutlich um Rolf Meyer-von Gonzenbach (1910–1982). Meyer-von Gonzenbach studierte von 1930 bis 1934 Architektur bei Karl Moser, Otto Rudolf Salvisberg und Friedrich Hess an der ETH Zürich, anschliessend auch Musik. Später war er Chef des Amtes für Raumplanung des Kantons Zürich und Professor für Orts-, Regional- und Landesplanung an der École Polytechnique in Lausanne; vgl. U. Roth 1994.

41 Osswald berichtete in seinem Bittschreiben um die ausserordentliche Professur 1934, dass sich der Doktorand Hans Frei 1932 bei ihm gemeldet habe; vgl. Osswald, Brief an den Präsidenten des Schweizerischen Schulrates, 12. Januar 1934, S. 2. Hochschularchiv / ETH Zürich, SR3:1934/232.14. Freis eigener im Herbst 1934 verfasster Lebenslaufs gibt 1931 an: «Diplom: 1930 als Elektroingenieur (E. T. H.). Praxis: 1931 bis 1933 im Institut für technische Akustik an der E. T. H., Zürich (Priv.-Dozent F. M. Osswald, konsultierender Ingenieur, Winterthur). Doktorand bei Prof. Dr. F. Tank, E. T. H. Zürich. Seit Frühjahr 1934 Ingenieur der Firma Landis & Gyr A. G. in Zug.» Frei 1935, S. VI; vgl. auch ebd., S. V. Frei machte sich dann 1938 mit einer eigenen Firma selbständig, zunächst auf dem Gebiet der Luft- und Wärmetechnik, später auch in den Bereichen Industriebrandschutz, Klimatisierung und Kältetechnik; während des Zweiten Weltkriegs spezialisierte er sich auf die Herstellung von Flammenwerfern, danach sattelte er wieder um auf Ventilatoren und Klimatisierung, insbesondere für Auftraggeber aus dem Nahen Osten; vgl. Vierhaus 2005–2008, Bd. 3 [2006], S. 482.

42 Citron war 1931 mit seiner Familie in die Schweiz übergesiedelt, 1934 verunglückte er beim Bergsteigen am Tödi; vgl. den Artikel zum 90. Geburtstag seines Sohnes Albrecht Citron, «Mit Leidenschaft für die schönen Künste», in: *Meilener Anzeiger*, 10. Februar 2017, S. 4. Frei dankte in seiner Dissertation dem mit einem «†» als verstorben markierten Citron; vgl. Frei 1935, S. V. Auch Osswald erwähnte ihn später noch einmal in einer Publikation; vgl. Osswald 1937, S. 68, dort in der Anmerkung.

43 Osswald, Brief an den Präsidenten des Schweizerischen Schulrates, 12. Januar 1934, S. 3. Hochschularchiv / ETH Zürich, SR3:1934/232.14. Osswalds Bittschreiben um eine ausserordentliche Professur liefert die umfassendste vorhandene Beschreibung der fortschreitenden Institutionalisierung seines Laboratoriums.

44 Schulratsprotokolle 1934, Sitzung Nr. 1, 3. Februar 1934, Traktandum 7, S. 8–10, Hochschularchiv / ETH Zürich, SR2. Die Begründung enthält auch die Bemerkung, dass andere Lehrpersonen der Architekturabteilung ebenfalls keinen Professorentitel erhalten hätten.
45 Osswald, Brief an den Präsidenten des Schweizerischen Schulrates vom 12. Januar 1934, S. 2, Hochschularchiv / ETH Zürich, SR3:1934/232.14.
46 Osswald, Subventionsgesuch an die Eidgenössische Stiftung zur Förderung schweizerischer Volkswirtschaft durch wissenschaftliche Forschung, 14. Februar 1924, S. 2, Hochschularchiv / ETH Zürich, Hs 1516.
47 Ebd., S. 3.
48 Osswald, Brief an den Präsidenten des Schweizerischen Schulrates, 12. Januar 1934, S. 1, Hochschularchiv / ETH Zürich, SR3:1934/232.14.
49 Begriff und Aussprache wurden von Millers Mentor Edward W. Morley vorgeschlagen und sind als «phono-deek» (im Gegensatz zu «phono-dike») überliefert, vgl. Fickinger 2011, S. 66. Siehe auch das von Brian Tinker erarbeitete Archiv «Collection of Antique Physics Instruments» auf der Website der Case Western Reserve University, Cleveland, OH, http://physics.case.edu/about/history/antique-physics-instruments/phonodeik-2/ (abgerufen am 1. Juli 2018).
50 Vgl. Nachschrift und Skriptum zu «Architektur-Akustik und Schallisolation» von Franz Max Osswald, WS 1932/33, o. S., Hochschularchiv / ETH Zürich, Nachlass Rolf Meyer-von Gonzenbach. Für weitere Abb., insbesondere die Zeichnung des Apparats siehe S. v. Fischer, Visual Imprint, 2017.
51 Toepler hatte die Technik 1864 erstmals publiziert. Ernst Mach und Peter Salcher führten Toeplers Experimente in den Laboratorien an der österreichisch-ungarischen Marineakademie in Fiume weiter, vgl. Hoffmann / Berz 2001.
52 Vgl. Krehl/Engemann 2001, S. 223.
53 Vgl. W. C. Sabine 1913, hier S. 268. Ein Jahr vor diesem Aufsatz von Sabine über Theatersaalakustik hatte Arthur Foley das auf August Toepler und Robert W. Wood aufbauende Verfahren in der Zeitschrift *Physical Review* veröffentlicht, siehe Foley / Souder 1912. Vgl. auch Greenslade 2004, S. 231. Ebenfalls erwähnt in Osswald, Raumakustik, 1936, S. 561.
54 Die Verbesserung der 1933 konstruierten zweiten Version des Apparats bestand in der «kapazitiven Verzögerung der Lichtfunken» und der so erreichten grösseren Präzision: Osswald, Raumakustik, 1936, S. 562. Die ebd. auf S. 561 publizierte Fotografie ist in Osswalds Fotoalbum auf den 11. Juli 1933 datiert, vgl. Fotoalbum Franz Max Osswald, Bildarchiv / ETH Zürich, Ans_10391-003 (doi.org/10.3932/ethz-a-000986421); Ans_10391-008 (doi.org/10.3932/ethz-a-000986422).
55 Interessant ist, dass Sabine seine Experimente dazu jeweils nicht nur an einem Längs-, sondern auch an einem Querschnittmodell durchführte. Er war sich also sehr wohl dessen bewusst, mit diesen zweidimensionalen Versuchen nicht die räumliche Ausbreitung des Schalls simulieren zu können. Auch liess er keine Zweifel daran, dass das Verfahren einer gewissen Zufälligkeit unterliegt. «Although many were taken, it will suffice to show a single photograph», hielt er 1913 mit Blick auf seine Erfahrungen beim Festhalten eines Momentes der Schallausbreitung fest: W. C. Sabine 1913, S. 274.
56 Vgl. W. C. Sabine 1922, S. 274–276.
57 Fotoalbum Franz Max Osswald, Bildarchiv / ETH Zürich, Ans_10391-091 (doi.org/10.3932/ethz-a-000986441).
58 Ebd., Ans. 10391-059 (doi.org/10.3932/ethz-a-000986436).
59 Siehe Osswald, Raumakustik in geometrischer Betrachtung, 1936, S. 563.
60 Siehe hierzu in der vorliegenden Studie im dritten Kapitel zur «Isolierung» das Unterkapitel «Der Poch-Variator und das Vergleichshammerwerk».
61 Rheinberger 2014, S. 235. Wie der Mikrobiologe und Wissenschaftshistoriker Ludwik Fleck und andere bediente sich auch Rheinberger in diesem Zusammenhang des Begriffs «serendipity», der unerwartete Funde in der Wissenschaft, sogenannte Zufallsfunde, beschreibt; siehe hierzu auch Roberts 1989.

62 Osswalds Tod scheint die Folge einer längeren Krankheit gewesen zu sein. «Franz Max Osswald […] ist am 21. Mai von schwerem Leiden durch den Tod erlöst. Ein Nachruf folgt», hieß es hierzu in einer knappen Meldung der *SBZ*: Nekrologe – Franz Max Osswald, 1944. Der angekündigte Nachruf ist nie erschienen.
63 Vgl. Semesterprogramme 1944–1949, Hochschularchiv / ETH Zürich, ferner Schulratsprotokolle, Anhänge, ebd., SR2.
64 In einer Verfügung vom 29. Mai 1953 wurde der Raum der Geophysik zugeteilt, wobei «die Messapparaturen für die Hallraummessungen in gebrauchsfähigem Zustand weiterhin im Zimmer 35a verbleiben müssen.» Präsidialverfügungen 1953, Nr. 782, 29. Mai 1953, Hochschularchiv / ETH Zürich, SR2. Jörg Storrer, ehemaliger Geräteverwalter am Institut für Signal- und Informationsverarbeitung der ETH Zürich, erinnerte sich, die nach Osswalds Tod verbliebenen Geräte ungefähr im Jahr 1947 weggeräumt zu haben, weil der Raum einer anderen Einheit der Hochschule zur Verfügung gestellt wurde; Jörg Storrer, Telefongespräch mit der Autorin, 28. Januar 2010.
65 Alois Muri war von 1921 bis 1945 Chef der technischen Abteilung OTD (Obertelegraphendirektion), von 1943 bis 1945 auch Generaldirektor der PTT und von 1945 bis 1950 Direktor des Weltpostvereins; Näheres zu Muri auch im Bestand Dokumentation Biografien, Generaldirektoren BI-GD, o. D., PTT-Archiv Köniz. – Die Dienste im Bereich Post, Telegrafie und Telefonie wurden von 1920 an immer stärker zusammengelegt, bis 1928 alle Bereiche der «Schweizerischen Post-, Telegraphen- und Telephonverwaltung» unterstanden; siehe hierzu die Website der Schweizerischen Post, https://www.post.ch/de/ueber-uns/wissenswertes-post/geschichte-der-post (abgerufen am 1. Juli 2018), sowie Stadelmann / Hengartner 2002.
66 Alois Muri, Brief an den Präsidenten des Schweizerischen Schulrates, 27. Juni 1944, Hochschularchiv / ETH Zürich, SR3, Pos. 222, Fiche Nr. 397 der Akten zur Schulratssitzung vom 15. September 1944.
67 Vgl. Schulratsprotokolle 1944, Sitzung Nr. 6, 15. September 1944, S. 270, Hochschularchiv / ETH Zürich, SR2.
68 Paul Scherrer, Brief an Arthur Rohn, 21. Juli 1944, S. 1–2, in den Akten zur Schulratssitzung vom 15. September 1944, Hochschularchiv / ETH Zürich, SR3, Pos. 222.
69 Ebd., S. 2.
70 Vgl. Gugerli / Kupper / Speich, *Zukunftsmaschine*, 2005, S. 86–99 und S. 190.
71 Paul Scherrer, Brief an Arthur Rohn, 21. Juli 1944, S. 2, in den Akten zur Schulratssitzung vom 15. September 1944, Schulratsprotokolle 1944, Hochschularchiv / ETH Zürich, SR3, Pos. 222.
72 Der erstgenannte Teilbereich, so schrieb Rohn mit Scherrers Worten, sei «wohl der wichtigste Zweig der modernen Akustik». Er wies die raumakustischen Fragen der Praxis, die physiologischen der Medizin zu. Die Untersuchungen und der Unterricht des kürzlich verstorbenen Osswald würden, so präzisierte er, «meist von einem praktisch arbeitenden Ingenieur vertreten» und gehörten in «ein Gebiet, bei dem die theoretischen Fragestellungen weitgehend geklärt» seien und das somit «weniger wissenschaftliches Interesse bietet». Arthur Rohn, Brief an Alois Muri, 4. Oktober 1944, Akten in Dossier zur Schulratssitzung vom 15. September 1944, Hochschularchiv / ETH Zürich, SR3, Pos. 222.
73 Paul Scherrer, Brief an Arthur Rohn, 21. Juli 1944, S. 1–2, in den Akten zur Schulratssitzung vom 15. September 1944, Schulratsprotokolle 1944, Hochschularchiv / ETH Zürich, SR3, Pos. 222.
74 Siehe Furrer 1947, S. 206–211.
75 Ebd., S. 208.
76 Schulratsprotokolle 1948, Sitzung Nr. 8, 18. Dezember 1948, S. 375, Hochschularchiv / ETH Zürich, SR2.
77 Schulratsprotokolle 1948, Sitzung Nr. 6, 2. Oktober 1948, S. 265, Hochschularchiv / ETH Zürich, SR2. Die Genehmigung des Professorentitels durch den Bundesrat erfolgte am 14. Januar 1949.

78 Der Radio Schweiz AG in Bern (heute Skyguide), zu der Furrer 1958 wechselte, stand er bis 1971 als Direktor vor. Wie seine Tochter, die zeitweilig auch als seine Sekretärin tätig war, sich erinnerte, «war die Akustik mitnichten weniger wichtig in seinem Leben.» Christina della Valle, E-Mail an die Autorin, 28. April 2012. Die ältere der beiden Töchter, Dorothea Furrer, kontaktierte am 9. Dezember 2009 das Departement Architektur der ETH Zürich für die Übergabe des kleinen Nachlasses. Die fünf Schachteln, von der Autorin abgeholt am 27. Januar 2010 im aargauischen Zofingen, befinden sich heute im Hochschularchiv der ETH Zürich.

79 Vgl. das Kurzporträt über Furrer auf der Website der ETH-Bibliothek, www.library.ethz.ch/Ressourcen/Digitale-Bibliothek/Kurzportraets/Willi-Furrer-1906-1985 (abgerufen am 1. Juli 2018).

80 W. C. Sabine, Architectural Acoustics I, 1900, S. 3.

81 Thompson 1992; dies. 2002. Thompsons 2002 veröffentlichte und mehrfach ausgezeichnete Buchpublikation *The Soundscape of Modernity. Architectural Acoustics and the Culture of Listening in America, 1900–1933* erweiterte die 1992 verteidigte Dissertation.

82 W. C. Sabine, Architectural Acoustics I, 1900, S. 3. – Die Artikelserie erschien von April bis Juni 1900. In den posthum erschienenen *Collected Papers on Acoustics* wurde sie zum Aufsatz «Reverberation» zusammengeführt, vgl. ders. 1922, S. 3–68.

83 W. C. Sabine, Architectural Acoustics I, 1900, S. 3.

84 Vgl. Thompson 2002, S. 33–37. Das nach den Plänen von Richard Morris Hunt gebaute Fogg Art Museum wurde 1927 abgerissen.

85 Vgl. W. C. Sabine, Architectural Acoustics II, 1900, S. 19.

86 Vgl. ebd.

87 W. C. Sabine, Architectural Acoustics I, 1900, S. 5.

88 Harvard University, Collection of Historical Scientific Instruments, Inventory Number: 1998-1-0242. http://waywiser.fas.harvard.edu/objects/11606/sabines-cushions--units-of-acoustical-absorption (abgerufen am 1. Juli 2018).

89 Vgl. Thompson 2002, S. 17–44.

90 Siehe W. C. Sabine, Architectural Acoustics I–VII, 1900; ders. 1915; aber auch schon ders. 1898.

91 Vgl. W. C. Sabine, Architectural Acoustics I, 1900, S. 3; ders., Architectural Acoustics II, 1900, S. 21.

92 W. C. Sabine, Architectural Acoustics III, 1900, S. 35; ders. 1922, S. 26. Das empirisch erzielte Resultat wurde in den folgenden Jahrzehnten von verschiedenen Physikern nachgerechnet und der Koeffizient 0,171 mehrfach leicht nach unten, bis 0,163, korrigiert. Zur Präzisierung der Sabine'schen Formel durch den amerikanischen Physiker Carl Eyring im Jahr 1930 vgl. Thompson 1997, S. 597.

93 W. C. Sabine, Architectural Acoustics II, 1900, S. 22.

94 Vgl. Beranek / Kopec 1981, S. 2.

95 Am 30. Juli 1919 veröffentlichte Paul E. Sabine in *The American Architect* eine umfassende Dokumentation des akustischen Laboratoriums von Riverbank, siehe P. E. Sabine 1919.

96 Munby 1922, S. 575.

97 Vgl. ebd.

98 Ein Fachartikel des NBS-Mitarbeiters Vivian L. Chrisler aus dem Jahr 1927 hatte den Bau folgendermassen datiert: «About four years ago the Bureau of Standards constructed a special building for the purpose of making tests of the acoustic properties of building materials, and since then it has tested a large number of partition walls of the types commonly used in building construction.» Chrisler 1927, S. 255. Später konkretisierte Chrisler das Fertigstellungsdatum mit «spring 1922»; ders. 1935, S. 79. Das Baujahr des Laboratoriums wurde bisher nicht anderweitig belegt. Das National Bureau of Standards (heute: National Institute of Standards and Technology, NIST) dokumentiert in seinen Archiven vor allem die Forschungen am neuen Standort in Gaithersburg, Maryland, wo 1966 der Grundstein für ein neues Sound Building gelegt wurde; siehe Redevelopment Program Survery, NIST Library Gaithersburg, Photo Archives.

99 Vgl. Eckhardt / Chrisler 1926–1927.
100 Vgl. Chrisler 1935, S. 82. Auf dieser Seite ist auch eine Fotografie des geschlossenen Baukörpers mit Backsteinfassade abgebildet.
101 Siehe Redevelopment Program Survery, 1. Oktober 1948, NIST Library Gaithersburg, Photo Archives.
102 Vgl. P. E. Sabine 1932, S. 234.
103 Siehe P. E Sabine 1930; Chrisler 1930.
104 Vgl. Chrisler 1935, S. 79.
105 Chrisler 1930, S. 178.
106 Chrisler 1935, S. 80. In einer Anmerkung verwies Chrisler auch auf eine frühere Publikation dieser Forschungsresultate in Eckhardt / Chrisler 1926–1927, S. 37.
107 Vgl. Chrisler 1935, S. 83.
108 Scripture 1895, S. 42; siehe hierzu auch Schmidgen 2008, S. 54.
109 Vgl. Thompson 1997, S. 602. Thompson bezieht sich hier sowohl auf Archivmaterialien wie auch auf Sabines Aufsatz von 1898, in dem dieser erläuterte, wie er im Rahmen seiner Experimente die Absorption durch verschiedene weibliche und männliche Kleidungsstücke testete; vgl. W. C. Sabine 1898, S. 72. Auch der österreichische Physiker Gustav Jäger, der einige von Sabines Versuchen wiederholte und mathematisch bestätigte, machte 1911 in Wien die Beobachtung, dass die Messergebnisse von seiner eigenen Kleidung abhängig waren; vgl. Jäger 1911, S. 9.
110 Chrisler / Snyder 1935, S. 749. Der Co-Autor Wilbert F. Snyder war 1927 zur Sound Section gestossen, wie er im Rahmen des Oral History Project des NIST erzählte; siehe Snyder 1982, S. 2.
111 Chrisler 1935, S. 84.
112 Vgl. ebd., S. 82–84.
113 Vgl. Frei 1935, S. VIII.
114 Für eine historische Zusammenfassung der Entwicklung der akustischen Einheiten siehe Payer 2003, S. 189; Thompson 2002, S. 158–163; Bijsterveld 2008, S. 104–110.
115 W. H. Martin 1929.
116 Vgl. ebd.; Hartley 1928.
117 Vgl. Payer 2003, S. 189.
118 Vgl. Wagner 1934, S. 15.
119 Vgl. Thompson 2002, S. 146–148; siehe auch Payer 2003, S. 189. Peter Payer verweist auch auf einen weiteren Vorgänger des «audiometer», ein Gerät zur Messung akustischer Intensität von John William Strutt, dem dritten Baron Rayleigh (1842–1919), aus dem Jahr 1882.
120 Eine umfangreiche, 1930 im *JASA* veröffentlichte Studie zu Lärmmessungen wandte sowohl das ältere Messverfahren mit dem «audiometer» als auch eine neue automatisierte Methode mit einem als «noise meter» bekannt gewordenen Gerät und der Masseinheit Dezibel an; siehe Galt 1930; Tucker 1930. Rogers H. Galt schrieb hier in einer Anmerkung den Entwurf und Bau des «noise meters» T. G. Castner von den Bell Telephone Laboratories zu; vgl. Galt 1930, S. 33.
121 Lea 1971, S. 68.
122 Beranek / Sleeper / Moots 1945, S. 1, Anm.
123 Vgl. E. Meyer 1962, S. 1.
124 Vgl. E. Meyer 1939, S. 1.
125 Osswald, Institut für angewandte Akustik, 1938, S. 162.
126 Vgl. Frei 1935.
127 Vgl. Osswald 1937. Siehe hierzu in der vorliegenden Studie auch die Beschreibung der Installation und ihrer Probleme im vierten Kapitel zur «Übertragung».
128 Vgl. Osswald, Method for Measuring Sound Isolation, 1936. Gemeint ist hier Osswalds in der vorliegenden Studie im dritten Kapitel zur «Isolierung» besprochene «Poch-Variator».
129 Osswald, Institut für angewandte Akustik, 1938, S. 163.
130 Frei 1935, S. 55–86.

131 Ebd., S. 19; siehe auch Spandöck 1934 zu allgemeinen Problemen bei akustischen Modellversuchen.
132 Frei 1935.
133 Vgl. die Grafik ebd., S. 59.
134 Vgl. Osswald 1929, S. 7.
135 Frei 1935, S. 3.
136 Ebd., S. 55.
137 Ebd., S. 4.
138 Ebd., S. 29–30.
139 Ebd., S. V.
140 Ebd., S. 70–71.
141 Indem Frei die Eigenresonanzen des Raumes dämpfte, reduzierte er allgemein die Nachhallzeit und machte so die durch die Holzkassettierungen erreichte Absorption schwieriger feststellbar. Kurt Eggenschwiler, der meine Dissertation betreute, beurteilte Freis Dissertation als ein zu ambitioniertes Projekt, dessen Lösung eine Unmenge von Messdaten erfordert hätte. Kurt Eggenschwiler, Gespräche mit der Autorin, 23. Mai und 26. August 2013.
142 Vgl. E. Meyer / Cremer 1933, S. 504.
143 Vgl. Frei 1935, S. 64. Die Bretter waren allesamt 50 Zentimeter tief und 1,68 Meter hoch.
144 Ebd., S. 30.
145 Vgl. Hui 2018.
146 Vgl. Schmidgen 2008, S. 55–57.
147 Franz 1907, S. 880. Der in *Science* publizierte Bericht bezog sich auf einen Vortrag und ein Manuskript, das Hendrik Zwaardemaker, der Leiter des Utrechter Laboratoriums, bei der *Zeitschrift für Ohrenheilkunde* eingereicht hatte; siehe auch Zwaardemaker 1910. Die «Camera silenta» von Utrecht diente später auch als Vorlage für geräuschlose Räume für Tierversuche, zum Beispiel 1913 in St. Petersburg und um 1930 an der Yale University; siehe Schmidgen 2008, S. 58.
148 Vgl. Bedell 1936. In einer späteren Beurteilung kritisierte Leo L. Beranek dennoch, dass diese Stoffschichten in den tiefen Frequenzbereichen, also bei grösseren Wellenlängen, nicht ausreichten, um die Schallenergie zu absorbieren; vgl. Beranek / Sleeper / Moots 1945, S. 4.
149 Vgl. Kaye 1936, S. 174: «This is roughly a 10-foot cube in external dimensions, and is lined internally with 6 inches of eel grass over which is 12 inches of cotton wadding suspended edgewise.»
150 Janovsky / Spandöck 1937, S. 323.
151 Ebd., S. 324.
152 E. Meyer 1939, S. 28.
153 «Chambre morte», laboratoire acoustique, Ministère PTT, Paris, Fotosammlung, Empa-Ak, Dokumentensammlung Willi Furrer, nicht katalogisiert.
154 E. Meyer / Buchmann / Schoch 1940, S. 353.
155 Vgl. ebd., S. 360.
156 Vgl. ebd., S. 359, Abb. 10a und 10b. Arbeitnehmerrechte wurden während der Zeit des nationalsozialistischen Regimes nicht nur hinsichtlich des Gesundheitsschutzes beschnitten, so waren die deutschen Arbeitsämter nach der Verabschiedung der ersten und zweiten Dienstpflichtverordnung im Juni 1938 bzw. Februar 1939 sogar berechtigt, alle Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer aus bestehenden Arbeitsverhältnissen herauszulösen und sie – auch gegen ihren Willen – zu Tätigkeiten zwangszuverpflichten, die aus Sicht des Regimes als vorrangig angesehen wurden; vgl. Kranig 1993, S. 148.
157 Radkau 1989, S. 266; siehe auch Wengenroth 2002.
158 Leo L. Beranek, E-Mail an die Autorin, 13. Mai 2011.
159 Beranek / Sleeper / Moots 1945, S. 4.
160 Vgl. Beranek 2008, S. 49–67.
161 Vgl. Beranek / Sleeper 1946, S. 147.

162 Leo L. Beranek, E-Mail an die Autorin, 18. Oktober 2010.

163 Beranek / Sleeper / Moots 1945, S. 1, Anm.; Unterstreichung im Original. Der vertrauliche Bericht des Office of Scientific Research and Development (zuvor: National Defense Research Committee, NDRC) mit dem Titel «The Design and Construction of Anechoic Sound Chambers» wurde am 30. März 1946 in verkürzter Form zur Publikation beim *JASA* eingereicht und erschien im Juli 1946, siehe Beranek / Sleeper 1946, S. 140. Das in der Bibliothek der Abteilung für Akustik der Empa, Dübendorf, aufbewahrte vollständige Exemplar des «Report 4190» (Dokumentensammlung: Signatur AI–52) stammt vermutlich aus dem Nachlass von Willi Furrer, der mit Beranek gut befreundet war. Harvey P. Jr. Sleeper, der im Fachartikel von 1946 als einziger Co-Autor zeichnete, war zu jener Zeit Student an der Harvard University und sammelte die Messdaten für den Versuch.

164 Beranek 2008, S. 65.

165 Wie bereits der erste Auftrag des NDRC von 1940 zielte auch jener von 1943 auf eine Verbesserung der Kommunikation – anfänglich nur durch Isolationsmaterial gegen Propellerlärm, bald auch über Sprachübertragungssysteme, vgl. ebd., S. 49–50 und S. 67–68.

166 Das kleinere PAL befand sich im Untergeschoss des Physikgebäudes; Leo L. Beranek, E-Mail an die Autorin, 24. Mai 2011.

167 Der Besuch John Cages im anechoischen Laboratorium von Harvard ist eng mit der kurz darauf im Sommer 1952 am Black Mountain College verfassten geschriebenen Komposition *4'33"* verbunden: «It was at Harvard […] that I went into an anechoic chamber not expecting in that silent room to hear two sounds: one high, my nervous system in operation, one low, my blood in circulation. The reason I did not expect to hear those two sounds was that they were set into vibration without any intention on my part. That experience gave my life direction, the exploration of nonintention.» Cage 1990, S. 1; ausführlicher in: ders. 1984, S. 115. Es gibt keine genaue Datierung des Besuchs, und ausser in Cages eigenen Erinnerungen ist er nicht dokumentiert. Die Entstehungsgeschichte von *4'33"* vermerkt allerdings nicht nur den Besuch im anechoischen Laboratorium in Harvard, sondern auch die weiss bemalten Leinwände von Robert Rauschenberg; vgl. Interview mit John Cage vom 25. Mai 1972, in: M. E. Harris 1987, S. 230–231. – Anders als die akustischen Wissenschaften, die die Reflexionsfreiheit der Laboratorien für eine ungestörte Messung zu erreichen suchten, interessierte sich Cage gerade für die Störwirkung durch seine Präsenz in dieser isolierten Umgebung und rückte seine eigene Wahrnehmung ins Zentrum. Die vielzitierte Beschreibung seiner intimen Erfahrung hat in der Medientheorie zu der Annahme verleitet, dass Cage das der psychoakustischen Forschung gewidmete PAL im Untergeschoss der Memorial Hall besucht habe; siehe Schmidgen 2008. Beranek erinnerte sich jedoch an die Vorbereitungen für Cages Besuch im EAL: «I only referred John Cage to go to Hunt, so I was not there. I am sure that he went on the 'railway track'. It was outfitted with plywood between the rails for about 20 feet into the chamber. He would have gone to the large chamber, not the smaller one that was in the basement of the physics laboratory.» Leo L. Beranek, E-Mail an die Autorin, 24. Mai 2011.

168 «The PAL laboratory continued for a number of years after World War II. […] The work in the Electro-Acoustic Laboratory, that I was director of, stopped soon after the end of the war. There was no connection between PAL and EAL after the war.» Leo L. Beranek, E-Mail an die Autorin, 24. Mai 2011. «The government agreed with Harvard when the chamber was built that it would take it down at no cost to Harvard anytime within 25 years. Harvard decided not to continue acoustics research in the late 1960's and the government tore down the chamber in 1968.» Leo L. Beranek, E-Mail an die Autorin, 6. März 2011.

169 Vgl. Hughes 1994, S. 112–113; siehe auch Bijker / Hughes / Pinch 1987.

170 Ein Beispiel für einen bewegten Diffusor, der den Schall möglichst gleichmässig im Raum verteilen sollte, ist der immer noch installierte, aber seit den 1980er Jahren nicht mehr verwendete «three-blade rotating diffuser» im 1968 erstellten Hallraum (Reverberation Chamber) des NBS, heute NIST, in Gaithersburg, Maryland; vgl. Pallett / Bartel / Voorhess 1976, S. 72, mit Abbildung.

171 Vgl. Willi Furrer, Brief an Rudolf Sontheim, 11. April 1945, Hochschularchiv / ETH Zürich, Nachlass Willi Furrer, ursprüngliche Signatur: Empa-Ak Dossier 20.8. Der Brief erwähnt die Publikationen Bedell 1936, Janovsky / Spandöck 1937 und Meyer / Buchmann / Schoch 1940.

172 Albiswerk Zürich AG, Brief an Willi Furrer, 9. Mai 1945, Hochschularchiv / ETH Zürich, Nachlass Willi Furrer, ursprüngliche Signatur: Empa-Ak Dossier 20.8.

173 Der früheste vorhandene Gebäudeplan der BSA-Architekten Leopold Boedecker und Fritz Metzger datiert vom 4. Oktober 1948; vgl. Hochschularchiv / ETH Zürich, Nachlass Willi Furrer, ursprüngliche Signatur: Empa-Ak, Dossier 20.7, Plan 87. Die Fertigstellung des Neubaus erfolgte 1950; vgl. Oechslin 2005, S. 169–171. Das vermutlich 1949 eingerichtete reflexionsarme Laboratorium wurde im Frühjahr 2011 mit einem neuen, asbestfreien Absorbermaterial ausgestattet. Den originalen Zustand, wie er nach fünfzig Jahren Gebrauch erhalten war, hat der Fotograf Walter Mair am 9. Juni 2010 dokumentiert.

174 Telefonische Auskunft von Eric Rathe, der bei Willi Furrer promoviert hatte, an die Autorin, 28. Januar 2010.

175 Leopold Boedecker und Fritz Metzger, Gebäudeplan, 4. Oktober 1948, Hochschularchiv / ETH Zürich, Nachlass Willi Furrer, ursprüngliche Signatur: Empa-Ak, Dossier 20.7.

176 Siehe Empa-Ak Dübendorf, Sammlung Fachliteratur und Berichte, Signatur: A1–123.

177 Vgl. Epprecht / Kurtze / Lauber 1954.

178 Vgl. Burgtorf / Oehlschlägel 1964, S. 257.

179 Siehe Meyer / Burgtorf / Damaske 1965, S. 339. Der Beitrag von Erwin Meyer, Wolfgang Burgtorf und Peter Damaske mit dem Titel «Eine Apparatur zur elektroakustischen Nachbildung von Schallfeldern. Subjektive Hörwirkungen beim Übergang Kohärenz – Inkohärenz» in der Zeitschrift *Acustica* war Lothar Cremer zum sechzigsten Geburtstag gewidmet.

180 Als weiterer Wegbereiter der technisch nachvollziehbaren Erfassung des Raumeindrucks gilt Karl Eberhard Zwicker (1924–1990), dessen Forschungsergebnisse die Hörphysiologie und die Schalllehre in eine wissenschaftliche Verbindung brachten, siehe Feldtkeller / Zwicker 1956; Zwicker / Feldtkeller 1967; Zwicker 1982. Zwicker wurde 1967 Ordinarius und Direktor des neugeschaffenen Instituts für Elektroakustik an der Technischen Universität München. Weiter gilt die Studie *Räumliches Hören von* Jens Blauert (*1938) von der Ruhr-Universität Bochum als Standardwerk, siehe Blauert 1974.

181 Vgl. Meyer / Burgtorf / Damaske 1965, S. 340.

182 Sloterdijk 2004, S. 592.

# Regulierung: Der Lärm der anderen



Lärm-Barometer
Dezibel 100
100 (dB)
schw. Diesel-Lastw
Mrad. 4 Takt
über 150 ccm
90
90
Mrad. 4 Takt
bis 150 ccm
Gefahr von
Hörschäden
Mrad. 2 Takt
über 150 ccm
Diesel Pw.
schw. Benzin Lastw.
80
80
Mrad. 2 Takt
bis 150 ccm
82 dB
70
70
Pw. Lief. Wagen
80 dB
60
60
Verminderte
Leistungs-
fähigkeit
Kleinmotorräder
78 dB
Tags erträglich
für Wohngebiete
Motorfahrräder
70 dB
50
50
Nachts erträglich
für Wohngebiete
40
40

# Standardisierung und Wirklichkeit

> Ich frage aber, ob die Beweggründe und die Zielsetzung einer Normierung und Rationalisierung, wie sie hier vorgebracht wurden, mit der Wirklichkeit in allen Teilen übereinstimmen.[1]
>
> Franz Füeg in einem Diskussionsbeitrag auf einer Tagung des Bundes Schweizer Architekten, 1959

Die Akustik blieb im gesamten 20. Jahrhundert eine pluridisziplinäre Wissenschaft im Einzugsbereich verschiedenster Fachgebiete, die um die Deutungshoheit in Sachen Schallwellen, Lautsphären und Lärm kämpften. Die einer wertneutralen Beurteilung verpflichteten Experten gaben ihre Empfehlungen, was im Spannungsfeld zwischen politischen Debatten und wirtschaftlichen Interessen nicht immer emotionslos geschah.

Mit der Objektivierung der akustischen Methoden durch die Fachleute veränderten sich auch die Argumentationen zum Lärm in der Öffentlichkeit. Um die Jahrhundertmitte erhob sich nicht mehr der tadelnde Zeigefinger – die Nadel des Dezibelmeters schlug aus, wenn der Schallpegel stieg. Statt Ermahnungen zur «vornehmen» Ruhe gab es immer mehr Reglementierungen und Normen zu Grenzwerten. Vor allem aber am Begriff des Lärms scheiterten die Versuche der eindeutigen Zuordnungen. Einmal Ruheschutz, einmal Lärmbekämpfung – die Ziele waren nicht immer dieselben, die Regelwerke trotzdem allgemeingültig.

### DIN 1320: Gegen Lärm, für Ruhe oder weder noch?

Die seit 2009 gültige Deutsche Industrienorm 1320 für «Akustik-Begriffe» des Deutschen Instituts für Normung e.V. (DIN) stellt auf 63 Seiten Definitionen und Übersetzungen bereit.[2] Die Gliederung in elf Bereiche entspricht weitgehend den schlankeren Vorgängerversionen DIN 1320:1997 mit 35 Seiten und DIN 1320:1992 mit 28 Seiten, welche nach längerer Pause die 1969 veröffentlichte, nur siebenseitige Fassung mit dem Titel «Akustik-Grundbegriffe» ersetzte. Dieser ging wiederum eine lediglich fünfseitige Version von 1959 und eine – bedauerlicherweise verschollene – Version von 1939 voraus.

Ein Vergleich der Begriffsdefinition des Deutschen Instituts für Normung zu «Lärm» aus den Jahren 2009, 1969 und 1959 zeigt eine sukzessive Ver-

**2.01 «Lärmbarometer, eine Neuheit. Der Lärm bleibt der alte»: Bildunterschrift in der *werk*-Chronik zum neu aufgestellten Verkehrslärmbarometer am Züricher Bellevue, 1962.**

schiebung vom faktisch Anerkannten zum subjektiv Empfundenen. Der Idealzustand einer Stille, auf den 1969 noch Bezug genommen wurde, ist mittlerweile aus dem Vokabular der Normen verschwunden:

> 12. Lärm
> Jede Art von Schall, der eine gewollte Schallaufnahme oder die Stille stört, auch Schall, der zu Belästigungen oder Gesundheitsstörungen führt.
>
> (DIN 1320:1959)

> 1.1.1 Lärm
> Hörschall, der die Stille oder eine gewollte Schallaufnahme stört [,] oder auch Hörschall, der zu Belästigungen oder Gesundheitsstörungen führt.
>
> (DIN 1320:1969)

> 3.6 Lärm
> en: noise
> unerwünschter Hörschall; Hörschall, der zu Störungen, Belästigungen, Beeinträchtigungen oder Schäden führen kann.
>
> (DIN 1320:2009)

Die DIN 1320-Fassung von 2009 stellt sich der Schwierigkeit, innerhalb der Konvention allgemeingültiger Regelwerke «physikalisch-akustische Phänomene» (also Naturphänomene) und «auditive Wahrnehmungsphänomene» zu beschreiben.[3] Mit dem Verweis auf die im Englischen üblichere Unterscheidung zwischen «acoustic» und «auditory» bedient sich die DIN-Norm des eingedeutschten Terminus «auditiv», der sich allerdings im regulären Sprachgebrauch nie durchgesetzt hat.

Es ist wohl weniger der mangelnde Wille zur Standardisierung als die schiere Unmöglichkeit, akustische Vorgänge auf eine einzige und eindeutige Beschreibung zu reduzieren, die zu dieser bi-disziplinären Auslegeordnung von Tönen, Geräuschen und Klängen als -schall versus -laut geführt hat. Trotz aller Bemühungen um Objektivierung und allen Vermessungen der Wahrnehmungen blieb das Verhältnis der physikalisch messbaren Schallstärke zur vom Ohr empfundenen Lautheit «verwickelt», wie 1932 der deutsche Physiker Hermann Reiher (1894–1989) schrieb.[4]

Als besonders verwickelt – oder auch «wicked», um an Horst Rittels (1930–1990) Designtheorie anzuknüpfen – erweist sich das Problem einer eindeutigen Definition beim Lärm.[5] Der Lärm steht unter Punkt 3, «Allgemeine Begriffe», der aktuellen DIN 1320 als sechster der 45 aufgeführten Termini, die zwecks einer konzeptuellen Abfolge nicht alphabetisch aufgeführt sind.[6]

Wie zuvor zitiert, wird der dem Physikalischen zugeordnete «Hörschall» mit dem nur psychologisch erklärbaren Wort «unerwünscht» gekoppelt, danach werden die vier meistgenannten Lärmwirkungen aufgelistet: Störungen, Belästigungen, Beeinträchtigungen, Schäden. Ruhe und Stille sind, wie erwähnt, in der derzeit gültigen DIN 1320 nicht mehr verzeichnet. Das war in der Vergangenheit anders, als die Lärmbekämpfung auch als Ruheschutz bezeichnet wurde und die «Stille» und konzentriertes Zuhören noch in Reichweite schienen – ein Ansatz, der heute eigentlich aktueller denn je sein sollte.

Die zeitgenössische Lärmwirkungsforschung geht sogar so weit zu sagen, dass eine Klassifikation als Lärm selbst dann möglich sei, wenn ein Geräusch erwünscht ist. Lärm sei deshalb weitgehend ein psychologischer Begriff, schreibt der Umweltpsychologe Rainer Guski, weil «vor allem die direkt vom Schall Betroffenen darüber entscheiden, ob ein Geräusch unerwünscht, d. h. Lärm ist oder nicht.»[7] So könne das für die einen nicht hörbare Rauschen der Heizung für andere Lärm sein, genauso wie das gehörschädigende Donnern von Maschinen in einer Fabrikhalle als Zeichen des Fortschritts oder als gesundheitsschädigend eingestuft werden könne.[8]

Um die Sache noch etwas komplizierter zu machen, reicht ein kleiner etymologischer Exkurs. Als die Brüder Jacob und Wilhelm Grimm zu Beginn des 19. Jahrhunderts ihr Wörterbuch zusammenstellten, fanden sie Beschreibungen der Ruhe als Rast, Pause, Frieden. Der Lärm war Aufruf zum Kampf: «lärm, lärmen […]. *der romanische schlachtruf*, *ital.* all arme, *span. prov.* al arma, *franz.* al arme (*zu den waffen*), *lautete zu ende des 15. jahrh. im munde burgundischer Franzosen* al erme».[9]

Die Entwicklung zeigt weiter, wie beim «Al(l)lerm» seit dem 16. Jahrhundert mit dem Wegfall des unbetonten Anlauts «a» auch seine Funktion, eine Nachricht zu überbringen, verloren ging.[10] «Alarm» bezeichnete ein Warnsignal, «Lärm» dagegen ein Geräusch, Aufsehen, auch Auflauf, Aufruhr. Im 19. Jahrhundert war «Lärm» kein romanischer Schlachtruf mehr, sondern hatte sich in seiner Bedeutung vom «Ausser-Ordentlichen» zum Unerwünschten gewandelt.[11]

> Was ist Lärm? Man kann sagen: Lärme sind im Hörbereich liegende Schwingungen, die entweder durch übermässige Stärke oder unangenehme Klangzusammensetzung oder zur Unzeit unser Ohr beschlagnahmen, wenn dieses entweder Ruhe haben will oder bereits mit einem andern erwünschten Schall beschäftigt ist.[12]

Diese Definition von Lärm, wie Franz Max Osswald sie Ende der 1930er Jahre in einer «historischen und allgemeinen Einführung» zur Bauakustik formulierte, mag sich auf den ersten Blick recht technisch lesen. In den Zeilen versteckt liegt indes eine Vielzahl möglicher Ursachen, weshalb die Schwingungen des Schalls unwillkommen sein könnten – eine einzige Definition konnte der vom ihm beschriebenen Vielfalt der Lärme (man bemerke den Plural) gar nicht gerecht werden.

Jacques Attali wiederum suchte in *Bruits*, seinem 1977 veröffentlichten Essay zur politischen Ökonomie des Lärms, gerade in dieser Vielfalt nach Mustern der gesellschaftlichen Ordnung. Er setzte die musikalischen Konventionen in die grossen Zusammenhänge von Politik und Macht. Musik und Klänge sind in der Erzählweise des französischen Ökonomen Überformungen aus der Rohform des Rauschens, welche durch gesellschaftliche Konventionen und die jeweiligen Produktionsbedingungen transformiert wurden.[13] So diskutierte Attali, wie zur gleichen Zeit, als die Orchester so gross wurden, dass ein Dirigent nötig wurde, auch Unternehmertum und Nationalstaaten entstanden. Oder, dass die Kommerzialisierung seit den 1930er Jahren Musik von Protestbewegungen vereinnahmte, kolonisierte und geradezu keimfrei machte und wie die mögliche Reproduktion von Klängen eine radikal neue Ökonomie produzierte.[14]

Der Politökonom Attali reflektiert die Entwicklung der Lärme («bruits») insbesondere auch seit Mitte des 20. Jahrhunderts: Ab diesem Zeitpunkt nämlich hatten sie sich von zwar störenden, aber zuordenbaren und beschreibbaren Geräuschen zum sinnentleerten Rauschen gewandelt, so Attali. In einer solchen Betrachtungsweise sind die Deutungshoheiten über den Lärm dann weniger das Vorrecht der Mächtigen als Ausdruck einer gesellschaftlichen Dynamik, in welcher Schallsignale ohne Nachrichten unverständlich gewordene Zusammenhänge spiegeln.

### Der Antirüpel und das Recht auf Stille (1908)

Unter den städtischen Umweltbelastungen nahm der Lärm seit dem ausgehenden 19. Jahrhundert nach dem Gestank den zweiten Platz ein.[15] Es ist vor allem die Sozialgeschichte, die sich im Zusammenhang mit Verkehr,

Industrie oder menschlichem Verhalten mit den Konnotationen des Begriffs Lärm beschäftigt. Das Spektrum ist breit.

In seiner Kulturgeschichte der Belüftung, Desodorierung und Desinfektion von 1982 stellte der Sozialhistoriker Alain Corbin unter anderem dar, wie die Assoziation von Geruch mit Krankheit zuerst bei den Bildungsbürgern, später aber bei der gesamten Bevölkerung Angst vor Ansteckung auslöste.[16] Als Geruch und Gestank eingedämmt werden konnten, rückten auch Lärm, Staub und Rauch in den Fokus der hygienischen und öffentlichen Kritik. Die niederländische Wissenschafts-, Technik- und Kulturhistorikerin Karin Bijsterveld, die sich insbesondere auf dem Gebiet der Sound Studies einen Namen gemacht hat, schrieb diese Entwicklung nicht nur den medizinischen Möglichkeiten, sondern auch der Reizbarkeit der Gesellschaft im 19. Jahrhundert zu – und diese betraf neben Gerüchen auch Geräusche.

«Der Haß auf ausströmendes Gas, auf unreine Dämpfe, ermöglicht es der Staatsmacht, eine neue Angst zu erfinden, die Angst, die um die Dynamik von Infektion und Ansteckung kreist», stellte der Architekturhistoriker Georges Teyssot mit Blick auf das Paris des Fin de siècle fest.[17] Bereits im 19. Jahrhundert galt der Geruch dann immerhin als kontrollierbar, was vor allem den Laboratoriumserfolgen von Louis Pasteur (1822–1895) zu verdanken war. Pasteur entwickelte eine Methode, mit welcher Bakterienkulturen durch kurzes Erhitzen selektiv abgetötet wurden.[18] Die Angst vor dem Gestank, dessen gesundheitliche Konsequenzen genauer untersucht und bewiesen worden waren, blieb gleichwohl ausgeprägter als jene vor dem Lärm.[19] Diesen neuen Möglichkeiten der Kontrollierbarkeit folgten alsbald Debatten um die Notwendigkeit gesetzlicher und wohnpolitischer Regelungen der Hygiene. Dabei legitimierte das Anerkennen der Ansprüche auf eine verbesserte Hygiene in den Wohnquartieren auch das Eingreifen der öffentlichen Hand in den privaten Raum.

Diese Instrumentalisierung der Angst vor Pilz, Brühe, Zersetzung, Vergiftung, Verfall, Gestank, Schmutz und Dreck zur Aufrechterhaltung sozialer Hierarchien betonte auch der Wissenschaftsphilosoph Michel Serres in seinem Essay «Fäulnis»:

> [E]ntscheidend ist heute die Wirkung, die diese Forschungen auf die Öffentlichkeit ausübten. Die Welt war plötzlich voll von winzigen schädlichen Tieren. Die Wissenschaft der Hygiene traf auf eine puritanische Gesellschaft, und mit einem Male wurde das Unreine im exakten Experiment aufgewiesen. […] Man stellte sich vor, daß die Städte verschmutzt seien, und sie waren es tatsächlich mehr als heute.[20]

Die Hygiene, welche im 19. Jahrhundert vor allem die mit Infektion und Krankheit assoziierten Gerüche bekämpft hatte, forderte zu Anfang des 20. Jahrhunderts auch mehr Ruhe. Das moderne Ideal eines hygienischen Raums wurde konsequenterweise abseits der lärmigen Städte verortet, in der als rein dargestellten Bergwelt. Die fortschreitende Industrialisierung und Urbanisierung in den wachsenden und zunehmend dichteren Städten veränderte auch Diskurse über die Innenräume, wobei mit vornehmlich medizinischen Argumenten darauf gedrängt wurde, nicht nur die Infrastrukturen der Städte, sondern auch die privaten Wohnungen einer verstärkten hygienischen Kontrolle zu unterziehen.

Die Forderungen der modernen Architektur des Neuen Bauens nach mehr Licht und durchlüfteten Räumen stützten sich auf diese im 19. Jahrhundert begonnene Hygienediskussion. So prophezeite der deutsche Mediziner und Hygieniker Robert Koch (1843–1910) Anfang des 20. Jahrhunderts: «Eines Tages wird der Mensch den Lärm ebenso unerbittlich bekämpfen müssen wie die Cholera und die Pest.»[21] Auch literarisch resonierte der Gedanke. Paul Scheerbart (1863–1915) etwa, ein Freund expressionistischer Architektur, dichtete im Jahr 1914, es habe «aber auch der Arzt ein großes Interesse» an Häusern aus Glas, denn: «Backstein fault».[22] Scheerbarts Fantasien über Glasarchitektur waren wild und vielfarbig und fanden in den modernen Architekturformen des 20. Jahrhunderts nicht minder radikale Fortsetzungen.[23]

Die unterschiedlichen, bisweilen diametral entgegengesetzten Instrumentalisierungen der Hygiene in den Stildiskussionen um die moderne Architektur erschienen in der Fachliteratur wie in der Belletristik, sogar in medizinischen Schriften. Komplett anders als Scheerbart, nämlich für dicke Wände aus Backstein, argumentierte beispielsweise der britische Arzt Dan McKenzie (1870–1935) in seinem 1916 veröffentlichten Buch *The City of Din. A Tirade against Noise*. Die älteren Häuser mit ihren dicken Mauern, so McKenzies Überzeugung, würden ihre Bewohner definitiv viel besser vor dem Strassenlärm schützen als die dünnen Wände moderner Häuser.[24]

Im in den 1920er Jahren entstandenen Romanprojekt *Der Mann ohne Eigenschaften* von Robert Musil (1880–1942) lesen sich die «Forderung[en] […] führender Baukünstler» und «anderer Reformer» paraphrasiert so: «Der moderne Mensch wird in der Klinik geboren und stirbt in der Klinik: also soll er auch wie in einer Klinik wohnen!»[25] Die «hygienischen» Interieurs der 1920er Jahre, so wurde in dieser Zeit auch in der französischen Fachpresse polemisiert, würden sich zwar für eine Zahnklinik, ein Sanatorium oder einen Überseedampfer eignen, für Wohnlichkeit in privaten Innenräumen






2.02 Lärmkritik als Architekturkritik: Moderne Leichtbauweisen hielten in den Anfangsjahren nicht allen Anforderungen stand. Illustrierte Seite in der Zeitschrift *Das Werk*, 1930.

2.03 «Verschiedene Wertungen der gleichen Schallquelle», so die nüchterne Bildunterschrift zu der Karikatur aus dem Ratgeber *Das lärmfreie Wohnhaus*, herausgegeben vom Verein Deutscher Ingenieure, 1934.

würden sie allerdings nicht sorgen.[26] Stahlskelettbauten, Leichtbauwände, grosse Fensterflächen, Wasserleitungen in privaten Badezimmern, Lüftungs- und Kehrichtschächte, Staubsauger und Grammophone standen nicht nur den Vorstellungen von traditioneller Gemütlichkeit entgegen, sie stellten auch den baulichen Schutz der Ruhe vor neue Herausforderungen (Abb. 2.02, 2.03).

«Wie kann er nur schlafen durch die dünne Wand?», singt der mässig begabte Berliner Schnulzensänger Käsebier in Gabriele Tergits (1894–1982) Bestseller-Roman *Käsebier erobert den Kurfürstendamm* von 1931, einem Klassiker der literarischen Neuen Sachlichkeit, der den medial gepushten schnellen Aufstieg und ebenso raschen Fall der «Ware» Käsebier schildert – dessen kurzzeitiger Erfolgsschlager: ein Lied über die zu dünnen Wände des spekulativen Grosswohnungsbaus in Berlin.[27]

Lange Zeit war das Leiden am Lärm eine Privatangelegenheit, das man auch nur privat beklagte. In Franz Kafkas (1883–1924) Tagebuch verlässt die Klage über den Lärm nicht einmal die eigene Wohnung. So notierte er hier 1911:

> Ich will schreiben, mit einem ständigen Zittern auf der Stirn. Ich sitze in meinem Zimmer im Hauptquartier des Lärms der ganzen Wohnung. Alle Türen höre ich schlagen, durch ihren Lärm bleiben mir nur die Schritte der zwischen ihnen Laufenden erspart, noch das Zuklappen der Herdtüre in der Küche höre ich.[28]

Die wissenschaftlichen Bestrebungen, den Lärm zu objektivieren, und die entsprechende Beschäftigung mit dieser Causa in Fachdiskursen und in der Öffentlichkeit entprivatisierte das Thema zunehmend.[29] Schon um 1900 gab es beiderseits des Atlantiks engagierte Bemühungen in dieser Sache. So liess beispielsweise die studierte Medizinerin, sechsfache Mutter und Juristen- und Unternehmergattin Julia Barnett Rice (1860–1929) im Jahr 1905 die nächtlichen Signalpfiffe der Schleppdampfer in New York zählen. Das Ergebnis lag in manchen Nächten fast bei 3000. Ihre im Folgejahr gegründete «New York Society for the Suppression of Unnecessary Noise» wollte dem nervenzerrüttenden Verkehrslärm der Schiffe und später auch dem von Automobilen Einhalt gebieten und hatte Ende 1907 bereits um die 200 Mitglieder. Kindern und Kranken zuliebe bemühte sie sich um die Reduktion des städtischen Lärms.[30]

Fast zur gleichen Zeit gründete der Philosoph und Kulturkritiker Theodor Lessing (1872–1933) im Oktober 1908 in Hannover den «Lärmschutzverband» – eine «unglückliche Benennung», wie *Schalltechnik*-Schriftleiter Richard Berger später anmerkte.[31] Lessing prangerte an, dass der Verkehrs- und Stadtlärm die feinen Sitten und die geistige Kultur bedrohe. Innert kurzer Frist gab es Ableger in Berlin, München, Frankfurt, Hamburg und Wien, Karten mit dem Aufdruck «Ruhe ist vornehm» wurden verteilt. Der Name der Vereinszeitschrift, *Der Antirüpel*, signalisierte in ihrem ausufernden Untertitel einerseits «Das Recht auf Stille», andererseits den «Kampf gegen Lärm, Roheit und Unkultur im deutschen Wirtschafts-, Handels- und Verkehrsleben».[32]

Eine weitere «Kampfschrift gegen die Geräusche unseres Lebens» aus Lessings Feder erschien unter dem Titel *Der Lärm* als Teil der Publikationsreihe zu «Grenzfragen des Nerven- und Seelenlebens», die sich an «Gebildete aller Stände» richtete. Die Schrift beklagte all «dies entsetzliche Randalieren,

dies unaufhörliche Brüllen, Dröhnen, Pfeifen, Zischen, Fauchen, Hämmern, Rammeln, Klopfen, Schrillen, Schreien und Toben».[33] Lessing glaubte die geistige Kultur durch die Geräusche der technischen Modernisierung wie auch die Töne der Strassenmusik und anderer Aktivitäten bedroht.

Medizinische Untersuchungen belegten de facto die schädliche Wirkung lauter Geräusche. Die Bedrohung durch den Lärm wurde als Störung der Konzentration und des kultivierten Denkens und als Gefahr für die Volksgesundheit dramatisiert. Karin Bijsterveld stellte in ihrer Untersuchung der Konnotationen von Geräuschen im 20. Jahrhundert eine Diversifizierung wie auch eine in der Tendenz negativer werdende Wertung technisch erzeugter Töne fest.[34]

Wer es vermochte, wurde weniger empfindlich. Georg Simmel (1858–1918) attestierte der Psyche des Grossstädters 1903 eine «Blasiertheit»:

> Die so entstehende Unfähigkeit, auf neue Reize mit der ihnen angemessenen Energie zu reagieren, ist eben jene Blasiertheit, die eigentlich schon jedes Kind der Großstadt im Vergleich mit Kindern ruhigerer und abwechslungsloserer Milieus zeigt.[35]

Der Erste Weltkrieg lenkte die Aufmerksamkeit für kurze Zeit weg vom Formulieren hygienischer Verbesserungsmassnahmen. Schon zu Beginn der 1920er Jahre wurden entsprechende Forderungen jedoch wieder lauter. Ab 1927 widmete sich die «Deutsche Gesellschaft für Gewerbehygiene» auf Druck der Gewerkschaften dem Problem der gesundheitlichen Auswirkungen von lauten Fabrik- und Bauarbeiten. Allerdings wurden wirtschaftliche Interessen oft höher bewertet als der Schutz des Einzelnen vor dem Lärm.[36] In der Architektur stand der Wunsch nach Sonnenlicht und offenen Räumen zuweilen im Konflikt mit dem Wunsch nach Ruhe, denn mit dem vielen Tageslicht, dem eine gesundheitsfördernde Wirkung zugeschrieben wurde, liessen einfache Verglasungen in schmalen Fensterrahmen auf durchgehenden Stahlskelettkonstruktionen auch mehr Lärm ins Innere der Häuser.

Bevor der Ruheschutz in die baupolizeilichen Bestimmungen aufgenommen wurde, erliessen viele Städte immerhin schon zeitliche Einschränkungen für geräuschintensive Aktivitäten. Insbesondere Handwerker und Musiker waren angehalten, die üblichen Ruhezeiten zu beachten. Um zum Beispiel die Störung durch Radiosendungen in Grenzen zu halten, forderten 1930 New Yorker Sendestationen ihre Zuhörer um halb elf Uhr abends auf, die Lautstärke zu reduzieren.[37]



**2.04 Interieur von Hannes Meyers Co-op Modellwohnung: Unbeschnittene Variante des Bildes, das den Aufsatz «Die Neue Welt» in *Das Werk* von 1926 zur Vision einer Kollektivgesellschaft mit spartanisch-minimalen Bedürfnissen illustrierte.**

Architekten, Ingenieure und die Bauindustrie sollten nun in den von Hygienevorstellungen geleiteten hellen und offenen Räumen Ruhe und Privatsphäre gewährleisten. Dies geschah nicht ohne Widerspruch. Baupolizeilich erlassene Vorschriften – wie die für Waschräume vorgesehene Befensterung und die nach aussen führende Badezimmerlüftung – wurden ab den 1920er Jahren als schwer vereinbar mit den Zielen des Massenwohnungsbaus betrachtet, weil dadurch wertvoller Wohnraum verloren ginge und zudem die Baukosten in die Höhe getrieben würden, wie in Architekturfachzeitschriften beanstandet wurde.[38]

Die Skepsis gegenüber der zunehmenden Baunormierung gründete in der Verunsicherung, dass dies die gestalterischen Spielräume der Architekten noch weiter einschränke, als es die bestehenden baupolizeilichen, ökonomischen und bautechnischen Vorgaben ohnehin bereits täten. In einem Ende der 1990er Jahre erschienenen sozialhistorischen Vergleich von Wohnungsbauten aus den Jahren 1924 und 1928 stellten die Autoren allerdings fest, dass die Architekten diese neuen Vorgaben nicht nur innerhalb kurzer Zeit in die Grundrisse integrierten – mitunter sei es ihnen sogar gelungen, diese «in Ästhetik zu verwandeln».[39]

Relevante Untersuchungen zur urbanen und architektonischen Geschichte des Lärms konstatieren neben den Bemühungen um Objektivierung auch eine gesellschaftliche Sensibilisierung gegenüber Geräuschen, die mit der technischen Messbarkeit von Schall einherging und von ihr gefördert wurde. Karin Bijsterveld stellte am Beispiel eines portablen Lärmmessgeräts fest, dass der Apparat, der lediglich nachweisen sollte, dass ein Geräusch zu laut sei, im Rotterdamer Nachbarschaftsleben Konflikte erst geschürt hätte.[40] Auch Emily Thompson ordnete die Klagen über das Sich-

gestört-Fühlen nicht der Lautstärke allein zu, die ja manchmal geringer war als die des Verkehrs. Vielmehr klangen in der Kritik am Jazz beispielsweise neben den technikfeindlichen auch rassistische Töne an. Es war weniger die Lautstärke, die störte, als der Lebensstil, der attackiert wurde.[41]

Man denke nur an das Grammophon in der Co-op-Modellwohnung des Basler Architekten Hannes Meyer (1889–1954) von 1926, wo ein ganz neues Ideal einer globalisierten Gemeinschaft angekündigt wurde (Abb. 2.04). Nicht mehr materieller Besitz, sondern ein spartanischer Erneuerungswille wurde hier in einer minimalen Einrichtung repräsentiert. In dem Text, der seinen Bildessay «Die Neue Welt» rahmte, tönte es wie folgt:

> Von 18–20 Uhr umspielt uns auf der Trottoirinsel der Pariser Avenue des Champs Elysees das grösstmögliche Fortissimo großstädtischer Dynamik. [...]
> Lichtreklamen funken, Lautsprecher kreischen, Claxons rasseln, Plakate werben, Schaufenster leuchten auf: Die Gleichzeitigkeit der Ereignisse erweitert masslos unsern Begriff von «Zeit und Raum», sie bereichert unser Leben. [...]
> Radio, Marconigramm und Telephoto erlösen uns aus völkischer Abgeschiedenheit zur Weltgemeinschaft. Grammophon, Mikrophon, Orchestrion und Pianola gewöhnen unser Ohr an das Geräusch unpersönlich-mechanisierter Rhythmen: «His Masters Voice», «Vox» und «Brunswick» regulieren den Musikbedarf von Millionen Volksgenossen. [...]
> Der Klappstuhl, das Rollpult, die Glühbirne, die Badewanne, das Reisegrammophon. Sie sind Apparate der Mechanisierung unseres Tageslebens.[42]

Nicht nur die musikalischen Moden, auch die Haushaltsgeräte veränderten die Lautsphären. Was in den wilden 1920er Jahren noch Visionen und Wünsche waren, wurde in den Boomjahren nach dem Zweiten Weltkrieg zum Gemeinplatz. Eine Schweizer Konsumgüterstudie beispielsweise verfolgte, wie der Bestand an Haushaltsgeräten rasant zunahm: 1950 bezeichneten sich erst 78 Prozent der Befragten als «Gerätebesitzer», 1960 bereits 97 Prozent. Neben Radio und Grammophon gehörten nun auch Nähmaschinen, Schreibmaschinen, Staubsauger, Kühlschränke und Waschmaschinen zum üblichen Standard einer Wohnungsausstattung.[43] Während das Innenleben der Wohnungen jedoch immer lauter wurde, waren die Böden, Wände und Decken in den meisten Häusern dieselben geblieben.

**Normung von Messwerten, Raummassen oder Bauelementen? (1959)**
Inmitten des wirtschaftlichen Aufschwungs der Nachkriegszeit stellten Akustiker rund um den Globus konsterniert fest, dass von allen akustischen Forschungsgebieten einzig die Lärmbekämpfung breite Beachtung gefunden hatte.[44] Sukzessive wurden Vorschriften für in einer jeweiligen Situation zulässige Maximalschallpegel erlassen, im Rahmen einer immer umfassenderen technischen Normung verschiedenster Lebensbereiche.

Gleichwohl gehört zu diesem Fragenkomplex auch das Problem der gesellschaftlichen Normierung. Die Lärmfrage wird dann zur Machtfrage und die technische Normung zum Ausdruck gesellschaftlicher Normierung, wie sie beispielsweise Georges Canguilhem und Michel Foucault unter dem Sammelterminus der «normalisation» reflektierten: Wenn man Canguilhems Unterscheidung und Vergleich zwischen vitalen, sozialen und technischen Normen beizieht, verdienten allerdings, so Henning Schmidgen zu Canguilhems Thesen, die hier vornehmlich untersuchten technischen Normen «den Namen der Norm eigentlich nicht, da sie nicht mit dem Widerstand des Normierten zu rechnen brauchen. Technische Normen sind die 'allerkünstlichsten'. Es sind Standards, Konventionen.»[45] So wird in der Folge auch hier zuweilen von den (in den deutschen Sprachgebrauch eingemeindeten) Standards die Rede sein.

Die Diskussion um Standards als Minimalanforderungen wurde unter Fachleuten sehr ernsthaft geführt. In der Schweiz zum Beispiel widmete 1959 der Architekt Franz Füeg (*1921) einen Diskussionsbeitrag auf einer Tagung des Bunds Schweizer Architekten (BSA) unter dem Titel «Industrielles Bauen» dem Verhältnis zwischen Erscheinung und Gebrauch:

> Ich frage aber, ob die Beweggründe und die Zielsetzung einer Normierung und Rationalisierung, wie sie hier vorgebracht wurden, mit der Wirklichkeit in allen Teilen übereinstimmen.
> Es sind zu unterscheiden: die Normierung etwa von Modellgrundrissen, Schalldämmvorschriften und minimalen Raumgrößen im Mietswohnungsbau und die Normierung von Bauelementen.[46]

Die Normung von einzelnen Elementen – wie sie etwa für Ernst Neuferts (1900–1986) seit 1936 in etlichen Auflagen und Überarbeitungen publizierte *Bauentwurfslehre* grundlegend ist – kritisierte Füeg, denn: «Eine Normierung von Bauelementen tendiert auf Endzustände hin.»[47] Bei «Modellgrundrissen, Schalldämmvorschriften und minimalen Raumgrössen» bezog sich Füeg

in einem differenzierten Sprachgebrauch jedoch eigentlich auf Normung (nicht auf «Normierung») oder eben, neudeutsch, Standards.

Um Füegs Argumentation zu folgen, ist es wichtig, diese in einen Zusammenhang zu den kybernetischen Theorien der 1960er Jahre zu stellen. Im Vordergrund standen Fragen der Rationalisierung und der damit verbundenen (in der Schweiz später als in Deutschland einsetzenden) Verlagerung von der handwerklichen Fertigung zur industriellen Produktion. Füeg war Gründungsmitglied des «Studienbüros für die Normierung des Bauens» des BSA und später Vorstandsmitglied der «Schweizerischen Zentralstelle für Baurationalisierung CRB».[48] Er argumentierte, dass die oft angeführten Geldersparnisse durch die Normierung und Rationalisierung nie bewiesen werden konnten: «Kein Irrtum hat sich im Baugewerbe als hartnäckiger erwiesen als dieser. Hundert Rechnungen, die dem Architekten diesen Wunderglauben widerlegen, bringen ihn nicht von seiner Meinung ab.»[49] Trotzdem wurden auch in der Schweiz Normen für das Bauen eingeführt, allerdings im Vergleich zum Ausland relativ spät, in der Regel erst, nachdem sie längst international anerkannt und institutionalisiert waren.

Als im Zuge der Industrialisierung die ersten Normen erlassen wurden, geschah dies unter der Flagge der Wirtschaftsförderung und Handelserleichterung. Ab dem ausgehenden 19. Jahrhundert wurden Regelwerke und Spezifikationen von privaten Firmen und Handelsverbänden, bald auch von Behörden veröffentlicht.[50] Es sind die Jahrzehnte des Übergangs von lokalen zu regionalen, internationalen und später globalen wirtschaftlichen Strukturen. Das bereits mehrfach erwähnte US-amerikanische National Bureau of Standards wurde wie die British Standards Institution (BSI) 1901 aufgestellt; 1917 formierte sich das spätere Deutsche Institut für Normung unter dem Namen Normenausschuß der deutschen Industrie. In der Schweiz gründeten die Firma Brown, Boveri & Cie. (BBC) und der Verband Schweizerischer Maschinenindustrieller (VSM, heute: Swissmem) 1919 die Schweizerischen Normen-Vereinigung (SNV). Die französische Organisation Association française de normalisation (AFNOR) entstand 1926, und in Japan fusionierten 1945 zwei Industrievereinigungen, die bereits seit dem 19. Jahrhundert tätig waren, zur Japanese Standards Association (JSA).

Im Jahr darauf kam es schliesslich zur Gründung eines länderübergreifenden Dachverbands. Bei einem Treffen vom 14. bis zum 26. Oktober 1946 in London mit Delegierten aus 25 Staaten wurde die International Standards Organisation (ISO) ins Leben gerufen, die ihre Arbeit am 23. Februar 1947 aufnahm. Genau genommen schlossen sich mit der ISO zwei internationale Organisationen zusammen, die International Federation

of the National Standardizing Associations (ISA), welche 1926 in New York gegründet wurde, und das United Nations Standards Coordinating Committee (UNSCC), welches 1944 entstanden war. Mit knapper Mehrheit wurde Genf – Paris lag an zweiter Stelle – zum Hauptsitz der Organisation gewählt.

Die angelsächsischen Mitglieder hatten sich eigentlich «International Standards Coordinating Association» als Namen gewünscht. Es setzte sich jedoch «International Standards Organisation» durch, mit dem Kürzel ISO – was im Griechischen «gleich» bedeutet.[51] Mit der Namensentscheidung verpasste die ISO dabei die Chance, Normen – oder wie auch im Deutschen immer beliebter: Standards – als koordinierende, prozesshafte Parameter zu kommunizieren. Denn so war der Auftrag der Organisation formuliert: «to facilitate the international coordination and unification of industrial standards».[52]

Füegs Frage nach den Beweggründen für die Normung in der Architektur hallt nach. Ob dank standardisierter Vorgaben wirklich besser oder nicht einfach nur schneller und billiger gebaut werden könne, wird bis heute diskutiert. Letztlich lässt sich dieser Teil der Architekturgeschichte nur in Verbindung mit der Technik-, Politik-, Wirtschafts- und Sozialgeschichte erzählen. Letzteres betont insbesondere die Kulturkritikerin Sieglinde Geisel, wenn sie schreibt: «Am Lärm entscheidet sich die Machtfrage».[53]

# Normung der Bauakustik im deutschsprachigen Raum

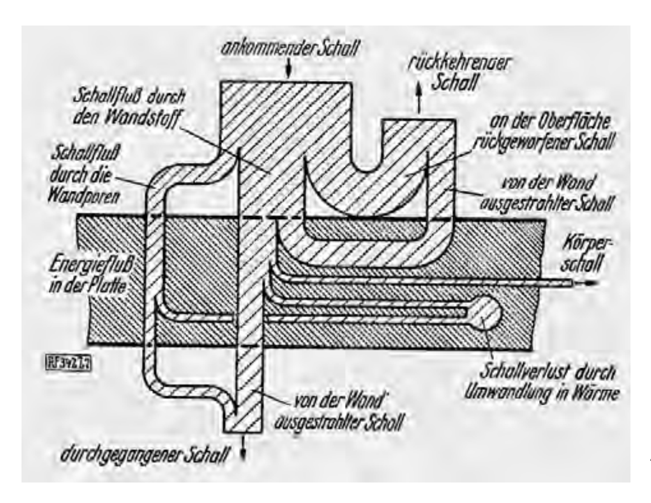
> Es gibt keine Entschuldigung[54]
>
> Bernhard Wedler in der Einleitung zu der Broschüre *Baut ruhige Wohnungen*, 1957

Die Entstehungsgeschichte der ersten akustischen Normen, hier am Beispiel Deutschlands und der Schweiz dargestellt, verlief in den unterschiedlichen gesellschaftlichen Konstellationen sehr ungleich. An der Geschichte dieser Regelwerke lassen sich gleichzeitig technische, soziale und gesellschaftliche Konstellationen aufzeigen, welche das heutige Verständnis von Akustik und Schallschutz massgeblich geprägt haben.

An der bauakustischen Reglementierung wird evident, dass sich die Absichten einer besseren und effizienteren Planungs- und Bauprozessgestaltung im komplexen Geflecht ökonomischer, technischer und sozialer Fragestellungen nicht immer einlösen liessen. Wie bereits besprochen, sind Ruhe und Lärm kaum objektivierbare Begriffe, weshalb die verbindliche Regelung akustischer Grenzwerte in Normen und Gesetzen unvermeidlich zu Diskussionen führte.

### Das lärmfreie Wohnhaus (1934)

Am 6. September 1934, eineinhalb Jahre nach der Machtübernahme durch die Nationalsozialisten, wurde in Deutschland mit der DIN 4110 («Technische Bestimmungen für die Zulassung neuer Bauweisen») die erste Industrienorm zu Prüfverfahren im Bauwesen erlassen. Diese erwähnt als zwanzigsten, letzten und sehr kurz gefassten Punkt auch den Schallschutz.[55] Die DIN 4110 von 1934 formulierte hierbei eine Mindestanforderung für alle neu- und andersartigen Bauweisen, wobei als Massstab, an dem sich diese Bauweisen also mindestens zu orientieren hatten, eine konventionelle Konstruktion diente. Als «Vergleichsbauweise, deren Schallschutz erreicht werden soll», hatte für verschiedene Wandkonstruktionen eine «1 Stein dicke Vollziegelwand mit beiderseitigem Putz» und für Decken eine «Holzbalkendecke (Balken mindestens 24 cm hoch) mit Einschub, Auffüllung, Dielung, Schalung, Berohrung und Putz» zu gelten.[56] Die Bestimmungen zum Schallschutz erschöpften sich zwar 1934 an dieser Stelle, dennoch nahm im deutschsprachigen Raum hiervon ausgehend die staatliche Regulierung der Bauakustik ihren Lauf.




2.05, 2.06 Schalldurchgang, «So … oder So?» Schallprobleme seien durch die Baukonstruktion lösbar, erklärte der VDI-Ratgeber *Das lärmfreie Wohnhaus* von 1934 in Wort und Bild.

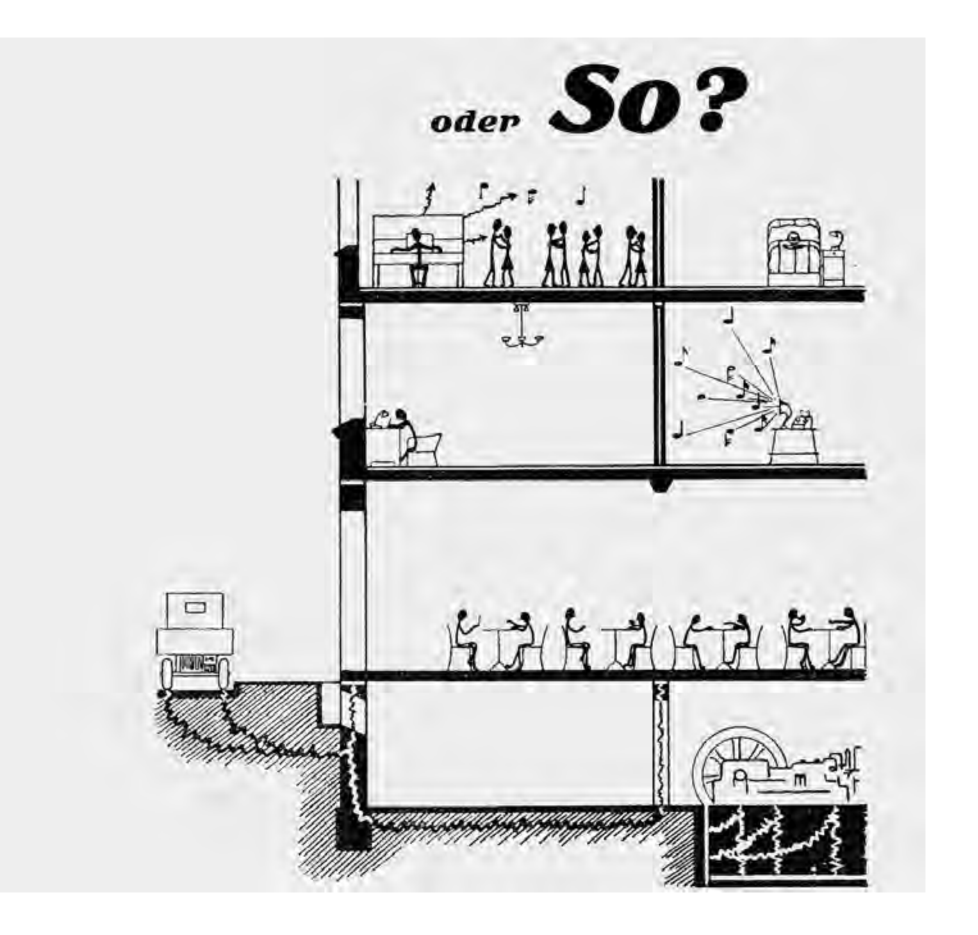
In der gleichen Ausgabe des offiziösen *Zentralblatts der Bauverwaltung vereinigt mit Zeitschrift für Bauwesen*, in der der Text der Norm DIN 4110 abgedruckt war, findet sich dabei interessanterweise auch die Rezension eines kurz zuvor vom Fachausschuß für Lärmminderung beim Verein Deutscher Ingenieure (VDI) herausgegebenen Ratgebers für Architekten und Ingenieure, in dem die Dringlichkeit der Lösung von Schallproblemen in Wohnhäusern sowie die technischen Möglichkeiten dazu weitaus umfas-

So

sender erläutert werden. Sein vielversprechender Titel: *Das lärmfreie Wohnhaus*.[57]

Dass dieser neunzigseitige Band nicht nur für Fachleute, sondern auch für eine breite Leserschaft konzipiert war, zeigen nicht zuletzt die vielen Abbildungen (Abb. 2.03, 2.05, 2.06). So sind auf einer der letzten Doppelseiten die Unterschiede zwischen schlechter und guter Schallisolation in zwei fast ganzseitigen Zeichnungen zum Beispiel wie folgt illustriert: Auf der linken Buchseite zeichnen Zickzacklinien die Schallwege zwischen den einzelnen Wohnungen eines Mehrfamilienhauses nach, in dem gleichzeitig gefeiert, geschlafen, Musik gehört und gegessen wird; auf der gegenüberliegenden Seite ist das gleiche Haus abgebildet, die Töne und Vibrationen bleiben hier aber räumlich beschränkt. Die verschiedenen Aktivitäten wären, so die Botschaft, dank einer guten Schalldämmung in direkter Nachbarschaft störungsfrei möglich (Abb. 2.06).[58]

Der für den Ratgeber verantwortliche Direktor des Berliner Heinrich-Hertz-Instituts Karl Willy Wagner (1883–1953), seines Zeichens zugleich Vorsitzender des Anfang der 1930er Jahre gebildeten Fachausschusses für Lärmminderung, schickte im Vorwort den Wunsch voraus, der Ratgeber möge



die «Lärmgeister» bannen, und verwies auf die bereits rund 200 Titel umfassende Liste von Publikationen des VDI zum Thema Wohnlärm.[59]

In den 1930er Jahren entwickelte sich der Ruheschutz zu einem prominenten Kampagnenbereich deutscher Politik, der in der historischen Literatur bisher nur von wenigen Autoren beachtet worden ist.[60] Denn wie in nahezu allen Wissenschaftsgebieten stellte die NS-Führung auch die bis dato wertneutralen technisch-akustischen Forschungen in politische Zusammenhänge. Unter anderem wurden im Rahmen ihrer Lärmbekämpfungskampagnen die Tage vom 6. bis zum 12. Mai 1935 zur «Reichswoche ohne Lärm» erklärt (Abb. 2.07). Der in diesem Zusammenhang in der *Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure* abgedruckte Appell des Nationalsozialistischen Bunds Deutscher Technik (NSBDT) an das «ganze Volk» begann mit nicht weniger als einem Auftrag des «Führers» an den Reichsorganisationsleiter der NSDAP und Leiter der Deutschen Arbeitsfront (DAF) Robert Ley, dafür zu sorgen, dass «das deutsche Volk starke Nerven hat».[61]

Der Topos der Arbeit, der die nationalsozialistische Rhetorik während der 1930er Jahre prägte, erschien auch im Kontext der Lärmbekämpfung. So begründete der NSBDT-Aufruf zur «Reichswoche ohne Lärm» den Kampf gegen den Lärm mit dem Erhalt der Gesundheit und der Arbeitskraft,

> denn Sieger im Kampf um das Dasein wird immer das Volk sein, das die stärksten Nerven besitzt. […] Denn nicht nur die Volksgesundheit wird vom Lärm untergraben, auch Arbeitskraft und Schaffensfreude werden durch ihn vermindert.[62]

Die Berufsgruppen der Physiker, Maschinenbauer und Betriebsingenieure, Elektrotechniker, Bauingenieure und Architekten, Gewerbeaufsichtsbeamten, Rechts- und Verwaltungsfachleute wie auch die Verkehrs- und Baupolizisten wurden einzeln aufgerufen, ihre Aufmerksamkeit auf die Erforschung des Schalls und die Bekämpfung der abwechselnd «Geräuschplage» oder «Lärmplage» genannten «Lärmbelästigungen» zu richten und sich so in den Dienst des Reichs zu stellen. Dass die Lärmminderung nicht mehr nur ein technisches Anliegen darstellte, sondern zum Instrument von Staat und Partei geworden war, zeigte sich nicht zuletzt in der unmissverständlichen Forderung an die «Verkehrs- und Baupolizei, mit allen Mitteln für eine scharfe Durchführung aller Bestimmungen zu sorgen, die die Lärmplage zu vermindern geeignet sind.»[63]

Gerahmt wurde der Aufruf in der VDI-Zeitschrift Anfang Mai 1935 von einem Beitrag von Wagner, der in erster Linie die fachliche Rechtfertigung

**Kampf dem Lärm!**

Zur Reichswoche ohne Lärm, vom 6. bis 12. Mai 1935

„Sorgen Sie dafür, daß das deutsche Volk starke Nerven hat" lautete der Auftrag des Führers an den Reichsorganisationsleiter Dr. Ley, denn Sieger im Kampf um das Dasein wird immer das Volk sein, das die stärksten Nerven besitzt.

Schwere Gefährdung der Nervenkraft der Nation bringt aber das Leben und Schaffen in den von tosendem Geräusch erfüllten Straßen und Arbeitsstätten der Großstädte mit sich. Schwere Gefahr bedeutet der Lärm auch für die Schaffenskraft des deutschen Volkes. Denn nicht nur die Volksgesundheit wird vom Lärm untergraben, auch Arbeitskraft und Schaffensfreude werden durch ihn vermindert.

So stehen Technik und Wissenschaft hier vor einer großen Aufgabe. Vieles ist schon geschehen; die Grundlage ist geschaffen. Deutsche Physiker und Elektrotechniker haben gemeinsam Meßverfahren und Geräte ausgearbeitet, die eine objektive Geräuschmessung durchzuführen gestatten. Maßnahmen zur Beseitigung störender Lärmquellen sind ausgearbeitet und erprobt.

Damit ist die Möglichkeit zu einer erfolgreichen Lärmbekämpfung gegeben. Sache aller Schaffenden ist es nun, den Kampf aufzunehmen und ihn im eigenen Arbeitsbereich durchzuführen.

Das ganze Volk wird zur Mitarbeit an dieser großen Aufgabe aufgerufen.

Wir rufen insbesondere auf:

**Den Physiker,**
die Grundlagen einer quantitativen Lärmbekämpfung durch Feststellung der physikalischen Gesetze der Schallausbreitung und Schalldämmung zu erweitern.

**Den Maschinenbauer und Betriebsingenieur,**
im Betrieb lärmfreie Maschinen zu schaffen und geräuscharme Arbeitsverfahren einzuführen.

**Den Elektrotechniker,**
vereint mit dem Physiker, verbesserte und verfeinerte Lärmmeßgeräte zu schaffen.

**Den Bauingenieur und Architekten,**
schalldämmende Bauweisen einzuführen.

**Den Gewerbeaufsichtsbeamten,**
bei der Kontrolle der Betriebe der Geräuschplage erhöhte Aufmerksamkeit zuzuwenden.

**Die Rechts- und Verwaltungsfachleute,**
gestützt auf die von der technischen Wissenschaft errungenen Erkenntnisse rechtliche Handhaben zu schaffen, um Geräuschbelästigungen der Allgemeinheit unterbinden zu können.

**Die Verkehrs- und Baupolizei,**
mit allen Mitteln für eine scharfe Durchführung aller Bestimmungen zu sorgen, die die Lärmplage zu vermindern geeignet sind.

Zur Erhaltung des wertvollsten Schatzes der Nation, der Volksgesundheit, der Schaffenskraft und der Arbeitsfreudigkeit, darf kein Mittel unangewandt gelassen werden.

Nationalsozialistischer Bund Deutscher Technik
Reichsgemeinschaft der technisch-wissenschaftlichen Arbeit.

2.07 Ruheschutz im Dienst politischer Propaganda: Aufruf zur «Reichswoche ohne Lärm, vom 6. bis 12. Mai 1935», gezeichnet vom Nationalsozialistischen Bund Deutscher Technik.

für die Propagandaaktion liefern musste. Wagner beschrieb dabei die erreichten Verbesserungen an Schallmessgeräten über Drehmotoren und Schreibmaschinen bis zu bauakustischen Massnahmen, wobei er unter anderem auf den im Vorjahr unter seiner Ägide publizierten Ratgeber *Das lärmfreie Wohnhaus* verwies. Als Höhepunkt der öffentlichen Kampagnen war die «in der zweiten Maiwoche im ganzen Reich veranstaltete 'lärmfreie Reichswoche' gedacht», welche Wagner explizit als Produkt der politischen Instanzen, Reichspropagandaministerium inklusive, erwähnte: «Mit allen Mitteln neuzeitlicher Propaganda sollen die Volksgenossen bis im letzten Dorfe über die Gefahren des Lärms und die Mittel zu seiner Abwehr aufgeklärt werden.»[64]

Retrospektiv lässt sich aus diesen Sätzen zwischen den Zeilen eine Distanzierung von der politischen Instrumentalisierung der Lärmminderung heraushören. Im Januar 1936 wurde Wagner dann auch als Direktor des bald darauf in der Namensgebung «arisierten» Heinrich-Hertz-Instituts (neu:

Institut für Schwingungsforschung) abgesetzt. Angeblich entging er nur wegen einer Krankheit einer Einlieferung in ein Konzentrationslager, während der restlichen Zeit des «Dritten Reichs» arbeitete er als Privatlehrer, zuletzt als wissenschaftlicher Berater des Oberkommandos der Kriegsmarine.[65]

1936 erschien, wie erwähnt, auch die erste Ausgabe von Ernst Neuferts *Bauentwurfslehre*. In diesen Massregeln für alle Bereiche des architektonischen Entwurfs und im späteren Oktometer, der mit der Machtübergabe an die Nationalsozialisten zur allgemeinverbindlichen Massordnung für alles und jedes Bauteil wurde, verschmolzen die technische Normung und die gesellschaftliche Normierung zu einem einzigen Komplex.[66] Bezogen auf die Akustik erreichte die Normung zwar nie denselben Grad an Sichtbarkeit und Verbindlichkeit, die hier ausgetragenen Kämpfe hatten aber dessen ungeachtet reale Konsequenzen in der gebauten Umwelt.

Wie der Technikhistoriker Hans-Joachim Braun über die NS-Führung schreibt, erkannte «vor allem ihr Propagandaminister [...] bald, daß sich das Thema Lärmbekämpfung bestens für Propagandaaktionen eignete.»[67] Es war ja auch hier nur der Lärm der anderen, den man bekämpfte. Die eigenen, mit technischen Mitteln intensiv verstärkten Volksansprachen konnten schliesslich nicht lautstark genug sein.

Während in anderen Perioden und politischen Kontexten ähnliche Prozesse in langwierige Verhandlungen mündeten, beförderte die hierarchische Herrschafts- und Verwaltungsstruktur des Deutschen Reiches die Einführung verbindlicher Normen innerhalb kürzester Zeit. So wurde am 8. November 1937 eine Verordnung erlassen, welche besagte, dass alle Zulassungsanträge für Bauvorhaben ab dem 1. Januar 1938 beim Reichsarbeitsministerium eingereicht werden müssten.[68] Schliesslich folgte im August 1938 auch eine Neubearbeitung der DIN 4110 («Technische Bestimmungen für Zulassung neuer Bauweisen»).[69]

Dem im *Zentralblatt der Bauverwaltung vereinigt mit Zeitschrift für Bauwesen* abgedruckten Text der überarbeiteten DIN 4110 war eine viereinhalbseitige Einleitung von Oberregierungs- und Oberbaurat Prof. Dr. Bernhard Wedler (1895–1975) vom Preußischen Finanzministerium vorangestellt, gefolgt von einem halbseitigen Rundschreiben des Reichsarbeitsministers.[70] Einleitend begründete Wedler hier den Zweck all der neuen Verordnungen und vor allem der nun zentralen Behandlung im Reichsarbeitsministerium damit, «die örtlichen Baugenehmigungs- und Baupolizeibehörden von der Verpflichtung zu befreien, in jedem Einzelfalle von sich aus grundsätzlich die Brauchbarkeit, Zuverlässigkeit und Unschädlichkeit des neuen Baustoffes oder der neuen Bauart zu prüfen.»[71]

Die 1938 auf acht Seiten Länge erweiterten «Technischen Bestimmungen für Zulassung neuer Bauweisen» bestanden im Wesentlichen aus einer tabellarischen Aufstellung der nötigen Prüfnachweise für verschiedene Bauteile und den Beschreibungen der jeweiligen Prüfanordnungen. Der grosse Unterschied der Neuauflage der DIN 4110 gegenüber der ersten, sechsseitigen Ausgabe von 1934 in der Bestimmung des Wärme- und Schallschutzes war, dass keine «Vergleichsbauweisen» mehr aufgeführt, sondern numerische Werte angegeben wurden. Die Untersuchung der Luftschalldämmung erfolgte mit «Heultönen (Heulbreite +/− 50 Hz)» und verlangte je nach Frequenz eine mittlere Dämmzahl zwischen 42 und 54 Dezibel. Die «gemessene Normtrittlautstärke» durfte 85 Phon nicht überschreiten.[72] Für die Untersuchung der Trittschalldämmung war ein Hammerwerk vorgeschrieben, dessen Beschreibung mit den 1936 in der *Akustischen Zeitschrift* publizierten «Vorschläge[n] zur Normung des Schallschutzes von Wohnungstrennwänden und Decken» des Berliner Instituts für Schwingungsforschung übereinstimmte.[73]

Bis 1944 die erste, ausschliesslich dem Schallschutz gewidmete DIN-Norm erschien, hatten sich die gesellschaftlichen und politischen Verhältnisse bekanntermassen drastisch zugespitzt: Am 8. September 1939, wenige Tage nach Kriegsbeginn, verlieh die «Verordnung des Beauftragten für den Vierjahresplan über die verbindliche Einführung von Normen, Geschäfts- und Lieferbedingungen» den DIN-Normen eine bisher nie da gewesene Verbindlichkeit, die sie faktisch einem Gesetz gleichstellte.[74]

### DIN 4109: Expertenberichte und Bürokratie in Deutschland (1944)

Die 1944 erlassene DIN 4109 «Richtlinien für den Schallschutz im Hochbau» wurde im *Zentralblatt der Bauverwaltung vereinigt mit Zeitschrift für Bauwesen* als Runderlass des – in Baufragen eigentlich mittlerweile weitgehend entmachteten – Reichsarbeitsministers vom 18. April 1944 in knappen 13 Zeilen angekündigt:

> Der Deutsche Normenausschuß hat Richtlinien für den Schallschutz im Hochbau bearbeitet und als DIN 4109 herausgegeben. Die Richtlinien sollen die Entwurfsbearbeiter und Bauausführenden über die Grundlagen der Schallehre und über die baulichen Maßnahmen des Schallschutzes aufklären. […] Zwischen Unterrichts- und vielfach auch zwischen Krankenhausräumen ist ein größerer Schutz gegen Schallübertragung erforderlich als zwischen Wohnungen.[75]




2.08 Kritik an der deutschen Massordnung in einem Rückblick auf die politische Normierung in der Zeitschrift *neue bauwelt*, 1948.

Im Jahrgang 1944 des *Zentralblatts*, dem dünnsten und letzten in seiner Geschichte, finden sich etliche, angesichts der Kriegslage erwartbare Anweisungen und Verordnungen, darunter Richtlinien für «Sofortmaßnahmen bei Bomben- und Brandschäden», «Baupolizeiliche Maßnahmen zur Winterfestmachung der Quartiere für Bombengeschädigte» oder Richtlinien für «gas-, splitter- und trümmersichere» Luftschutz-Rundbauten. Weniger erwartbar ist dagegen der Hinweis auf den Erlass einer neuen deutschen Schallschutznorm, die zugleich die erste überhaupt war.[76]

Der Text der DIN 4109 ist nur in Nachdrucken erhalten; darin formuliert sind vor allem allgemeine Begriffe und Massnahmen für die Bauakustik.[77] Die wenigen numerisch angegebenen Grenzwerte, die die Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung in Dezibel und Phon (die beiden Einheiten wurden hier parallel verwendet) festhielten, waren identisch mit der DIN 4110 aus dem Jahr 1938. In diesem Sinn war die DIN 4109 von 1944 keine Neuerung, sondern, wie bereits die DIN 4110 von 1934 und die Fassung von 1938, Teil der zunehmenden Baubürokratisierung, welche von der NS-Führung in Deutschland so hart wie sonst nirgends vorangetrieben wurde. Die Werte für die zulässige Schallübertragung selbst betrafen in der DIN 4109 «Wohnungstrennwände» und «Wohnungstrenndecken» – als ob das Bedürfnis nach Ruhe nun gerade vor dem Hintergrund von «totalem Krieg» und Flächenbombardements besonders gross gewesen wäre, als ob eine Normierung der Umgebungsgeräusche eine Normalität des Lebens zurückbringen könnte.

Der Wiederaufbau nach dem Zweiten Weltkrieg geschah in Deutschland mit der Last eines technokratischen Erbes, das zu ersetzen oder zu erneuern die Fachleute mit komplexen technischen wie auch gesellschaftspolitischen

Fragestellungen konfrontierte. Ein Sonderheft der *Neuen Bauwelt* von 1948 zur Frage der Massordnung illustrierte die Periode «Bis zum Ende des Zweiten Weltkriegs» mit einer Karikatur: Darauf präsentierte ein General in der Reihe aufgestellten Soldaten einen Massstab statt eines Gewehrs. Die Bildlegende bezog sich auf die unter Architekten der Nachkriegszeit kontrovers diskutierte Normendebatte um Ernst Neuferts Oktometer und Le Corbusiers Gegenentwurf des Modulor: «1944: Das Einheitsmaß wird allgemein freiwillig angenommen» (Abb. 2.08).[78] Fragen des Schalls dagegen erhitzen die Gemüter hier kaum.

Ohne viel öffentlichen Aufhebens wurde die 1944 erlassene sechsseitige Schallschutznorm DIN 4109 im Jahr 1952 zunächst um ein Beiblatt ergänzt, 1962 schliesslich in einem Umfang von 36 Seiten in der zweiten, überarbeiteten Fassung präzisiert und neu aufgelegt. Die Fassung von 1978 erreichte dann bereits fast einhundert Seiten.[79] Alle diese Normenblätter verweisen wiederum auf weitere Normen, so dass ein enormes Regelwerk entstand, das ständig weiterwächst.

Vor allem eine Figur begleitete die Entwicklung des deutschen Ruheschutzes kontinuierlich: Der bereits erwähnte Bernhard Wedler, der ab 1934 bis Kriegsende die Prüfstelle für statische Berechnungen in Berlin leitete, 1938 als Leiter des Ausschusses für neue Baustoffe und Bauarten im Preußischen Finanzministerium die Einleitung zur überarbeiteten DIN 4110 verfasste, wurde nach dem Krieg in der Bundesrepublik Ministerialrat im neu geschaffenen Bundesministerium für Wohnungsbau.[80] In dieser Funktion stellte er 1952 fest, dass Lärmklagen «mit der weiteren Verbreitung der leichteren und leichten Bauarten und namentlich auch der Massivdecken immer mehr gestiegen» seien.[81]

Während Wedlers Publikationen aus den 1940er Jahren technischer und amtlicher Natur waren, wandte er sich in den 1950er Jahren verstärkt mit Informationsschriften an Architekten und Bauplaner, auch um ihnen das Anliegen des Schallschutzes näherzubringen. Als Leiter der Unterabteilung Bautechnik und Bauforschung im Wohnungsbauministerium und stellvertretender Vorsitzender der Musterbauordnungskommission hatte er die Institute für Technische Physik in Braunschweig, Stuttgart und Berlin mit verschiedenen bauakustischen Untersuchungen beauftragt. Sie bildeten die Grundlagen unter anderem für die erweiterte Neuauflage der Norm DIN 4109 im Jahr 1962. In einem zwei Jahre später publizierten Vorwort zu einem «Bericht aus der Bauforschung» über Untersuchungen und Versuche aus dem Bereich *Luftschall – Trittschall – Körperschall* hielt der zu diesem Zeitpunkt bereits pensionierte Wedler fest: «Bei der Schallschutzforschung für Bau-




2.09 *Baut ruhige Wohnungen*: Der in einer Auflage von über 100 000 Exemplaren verbreitete Leitfaden nach der Idee des deutschen Wohnungsbauministeriums sollte Architekten die technischen Grundlagen zum Schallschutz vermitteln. Titelseite der Broschüre, 1957.

stoffe und Bauteile ist auf diese Weise zunächst ein gewisser Abschluss erreicht». Gleichzeitig verwies er auf den Forschungs- und Regulierungsbedarf in mehreren Punkten, von der «Verminderung der Geräuschbelästigung durch haustechnische Einzel- und Gemeinschaftsanlagen» bis zu «Richtlinien für Schallschutzmassnahmen bei der Städtebauplanung».[82]

Ebenfalls unter Wedlers Ägide wurde Anfang 1957 die in einer Auflage von «mehr als 100 000 Stücken» gedruckte Broschüre *Baut ruhige Wohnungen* kostenlos «an Bauherren, Entwurfsverfasser, Bauausführende, Baugenehmigungsbehörden» verteilt (Abb. 2.09). In fetten Grossbuchstaben liess Wedler die Worte «Es gibt keine Entschuldigung» über den von ihm verfassten ersten Beitrag setzen.[83] In Format und Umfang, DIN A5 und 32 Seiten mit einer Heftklammer gebunden, reiht es sich in die *Bautechnischen Merkhefte für den Wohnungsbau* ein, die das Ministerium für Wohnungsbau seit 1951 herausgab. Die Hefte lieferten konzise Informationen für die Wohnungsplanung, aber auch Anwendungshilfen für die zahlreich gewordenen Baunormen.

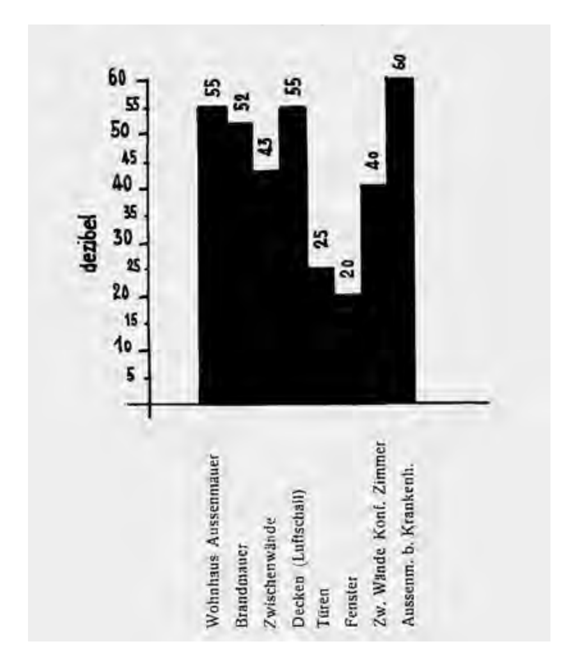
Wie mit dem bereits in der Einleitung der vorliegenden Studie geschilderten Lehrfilm *Schallschutz im Wohnungsbau* aus dem Jahr 1954 – diese Idee hatte ebenfalls Wedler angestossen – versuchte das Ministerium auch mit dem Leitfaden *Baut ruhige Wohnungen*, den Architekten den Schallschutz und die Baunormung als sinnvolle qualitätssteigernde Massnahme im Wohnungsbau zu vermitteln. Zu Ende wird der unterhaltsame fünfzehnminütige Lehrfilm (Drehbuch: Lothar Cremer) dann sachlich. Nachdem der von Gert Fröbe gespielte Mieter, überblendet mit verschiedenen Konstruktionszeichnungen, eingeschlafen ist, wird im Nachspann auf die Messmethode mit dem Hammerwerk, die Bauvorschriften zum Schallschutz bei Wohnbauten und im Speziellen auf das zwei Jahre zuvor herausgebrachte Beiblatt zur «DIN 4109: Richtlinien für den Schallschutz im Hochbau» hingewiesen (siehe Abb. 0.01).

Ein Nachhaken in Sachen Schallschutz war womöglich inmitten der Aufbruchsstimmung der Nachkriegszeit bitter nötig, hatte es doch bisher nie den richtigen Moment für dieses Thema gegeben. Die ausschliesslich dem Schallschutz gewidmete DIN 4109 war – warum auch immer ausgerechnet zu diesem Zeitpunkt – am 18. April 1944 inmitten des von Propagandaminister Joseph Goebbels ausgerufenen «Totalen Krieges» erlassen worden. Wie viele und ob überhaupt Exemplare für die Verbreitung gedruckt wurden, ist unklar. Bis ein besserer Ruheschutz in der alltäglichen Baupraxis umgesetzt wurde, vergingen noch viele Jahre.

## SIA 181: Minimale und erhöhte Ansprüche für alle (1970)

Auch in der Schweiz war 1944 eine kleine Schrift zur bauakustischen Problematik erschienen, das Büchlein *Schallschutz* des Architekten Hans Rüsch. Die zweiunddreissigseitige Veröffentlichung fasste das damalige Wissen zur Raumakustik zusammen und publizierte unter anderem ein Diagramm mit wünschbaren Grenzwerten für den Schallschutz einzelner Bauteile (Abb. 2.10).[84] Während die deutsche DIN 4109 zur gleichen Zeit versuchte, verbindliche Dezibel- und Phonwerte für die Mindest-Schallisolation festzuschreiben, hatte Rüschs Diagramm in der Schweiz nicht einmal empfehlenden Charakter.

Schon um 1940 verwies die Schweizer Fachliteratur auf die deutschen DIN-Normen zum Schallschutz. Entsprechende Schweizer Normen wurden aber erst Jahrzehnte später über den Umweg internationaler ISO-Normen eingeführt. Das technische Wissen in den beiden Ländern, davon dürfen wir – abgesehen von wenigen Kriegsgeheimnissen – ausgehen, war das gleiche, und die Unterschiede in der industriellen Produktion waren bei weitem nicht so gross, dass sie die über dreissigjährige Verzögerung der Schweiz bei der Einführung von Normen im Bauwesen, insbesondere im Wohnungsbau, erklären könnten. Dass die Schweiz so viel später als Deutschland verbindliche Regelwerke für die Akustik und überhaupt für die Bauindustrie erliess, lässt sich wohl vor allem auf die komplett unterschiedlichen politischen und gesellschaftlichen Strukturen zurückführen.




2.10 Nahezu gleichzeitig zur mitten im «Totalen Krieg» publizierten ersten deutschen Norm zum Schallschutz wurden auch in der Schweiz Empfehlungen für die Schallisolation abgegeben: Wünschenswerte Schalldämmwerte für verschiedene Bauteile aus Hans Rüschs in Zürich verlegtem Büchlein *Schallschutz*, 1944.

Die Internationalisierung der Märkte, die Rationalisierung der Prozesse und nicht zuletzt der Bauboom der 1960er Jahre und die damit verbundenen Wohnbauförderungsprogramme führten dazu, dass der Standardisierung und Normung in deutschen wie in schweizerischen Fachdiskussionen ein hoher Rang eingeräumt wurde. Am Beispiel der akustischen Reglementierung zeigt sich die schweizerische Zurückhaltung dabei besonders deutlich.

«Lärmbarometer, eine Neuheit. Der Lärm bleibt der alte», so lautete beispielsweise 1962 eine Bildunterschrift in der Zeitschrift *werk* in der Neuigkeiten-Rubrik «Der Ausschnitt» zu einer Aufnahme eines übergrossen Dezibelwerte-Displays am Zürcher Bellevue (siehe Abb. 2.01). Was diese Werte nun bedeuteten und welche Konsequenzen sie in den politischen Entscheidungen der Folgejahre haben würden, zeigte sich erst später.

Die Grundlage für die Erstellung der schweizerischen Schallschutznormen, wie sie ab 1960 diskutiert wurden, war – neben den internationalen Normen – vor allem der 1963 veröffentlichte Expertenbericht *Lärmbekämpfung in der Schweiz*. Auf insgesamt 357 Seiten präsentierten fünf voneinander unabhängige Unterkommissionen ihre Antworten auf den Auftrag, «das Lärmproblem vom medizinischen, technischen und rechtlichen Standpunkt aus möglichst umfassend zu untersuchen und dem Bundesrat rechtliche Massnahmen zur Lärmbekämpfung vorzuschlagen.»[85]

Die arbeitsmedizinische Unterkommission 1 leitete ihren Bericht, wie auch die Schlussfolgerungen, mit einer Auflistung von fünf Lärmwirkungen ein.[86] Allerdings definierten die Experten keine maximal zulässige Dosis. Vielmehr hielt der Bericht der Unterkommission 1 zum Problem des subjektiven Lärmempfindens fest: «Es ist wohl überhaupt nicht möglich, ein allgemein gültiges Kriterium zu finden.»[87]

Trotz diesem Vorbehalt wurde der Expertenbericht zur Grundlage aller weiteren Regulierungen der Immissionsgrenzwerte für Lärm in der Schweiz. Der Physiker Robert Hofmann (*1934), späterer Leiter der noch während der Arbeit der Expertenkommission gegründeten Akustik-Abteilung der Empa, diagnostizierte fünfzig Jahre später einen

> höchst schwerwiegende[n] Übergang von einem der Messung nicht zugänglichen Empfindungszustand (Störung, Belästigung) auf einen messbaren, objektiven Wert (Belastung). Dabei wird implizit vorausgesetzt, dass eine eindeutige Dosis-Wirkungsbeziehung existiere, welche gestattet, aus der Belastung rechnerisch auf die Belästigung zu schliessen.[88]

Diese Vermutung eines (eindeutig) kausalen Zusammenhangs von Dosis und Wirkung wurde zur Grundlage und gleichzeitig zur Grundproblematik aller weiteren Objektivierungen und Grenzwerte.

Trotz solcher Unsicherheiten und des Fehlens wissenschaftlicher Nachweise wurden im schweizerischen Expertenbericht von 1963 «gewisse Richtzahlen» aufgestellt.[89] Die Unterkommission 4 sprach sich dabei deutlich zugunsten verbindlicher Mindestanforderungen im Schallschutz für sämtliche Wohnungen aus, denn «beim heutigen Stand des Wohnungsmarktes, bei dem die Nachfrage gegenüber dem Angebot überwiegt, besteht keinerlei Gewähr, dass blosse Empfehlungen befolgt werden.»[90] Der Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein (SIA) bildete noch 1963 innerhalb der Zentralen Normenkommission (ZNK) eine für den Schallschutz zuständige Unterkommission.

Die Aufmerksamkeit während der ersten Sitzung der ZNK am 5. Juli 1963 richtete sich auf die Zusammenarbeit mit der vier Jahre zuvor vom BSA als «Studienbüro» ins Leben gerufenen Schweizerischen Zentralstelle für Baurationalisierung CRB und das Erstellen eines «Normpositionenkatalogs» (NPK).[91] Erst auf der fünfzehnten Sitzung der ZNK am 6. April 1966 erscheint die «Norm für die Schallisolierung im Hochbau» auf der Traktandenliste (schweizerisch für Tagesordnung), neben der «Norm für den Wärmehaushalt von Gebäuden», wobei beschlossen wurde, «terminlich wie inhaltlich eine Koordination zwischen der Norm für Schallschutz und derjenigen für Wärmeschutz zu gewährleisten.»[92]

Internationale, auf Französisch verfasste Normen wurden währenddessen ins Deutsche übersetzt. Auf der siebzehnten Sitzung der ZNK wurden den neuen Normen zum Wärme- und zum Schallschutz schliesslich die Nummern 180 und 181 zugeordnet. Der so entstehende Eindruck einer parallelen Entwicklung täuscht indes. Die Berichte zu den beiden Arbeitsgruppen hätten kaum unterschiedlicher sein können. Der Wärmeschutz stiess 1966 im Hinblick auf subventionierte Wohnbauprogramme, welche schon Jahre vor der weltweiten Erdöl- und Energiekrise den Wärmeschutz stärker gewichteten, auf grosses Interesse. So wurde denn auch protokolliert, dass die Arbeiten der Kommission 180 «dynamisch» durchgeführt und «weit fortgeschritten» seien – im Gegensatz zur Arbeit der Kommission 181.[93]

Die Kommission 181, welche sich dem Schallschutz hätte widmen sollen, musste sich schliesslich wegen ihres Rückstands «weitgehend an die Beschlüsse für den Wärmeschutz anpassen».[94] Mit dieser Anpassung des Schallschutzes an den Wärmeschutz fand das Gremium für das weitere Ziel, «alle bauphysikalischen Bedingungen in einem Werk zusammenzufassen»,

eine elegante bürokratische Lösung. Dagegen wussten die Fachleute nur allzu gut, dass sich die Schallisolierung bei Leichtbauten mit einer besseren Wärmeisolation mitunter sogar verschlechterte.[95] Trotz ungelöster Fragestellungen und Meinungsverschiedenheiten genehmigte die ZNK auf ihrer sechsundzwanzigsten Sitzung am 29. August 1968 sowohl die Empfehlungen zum Schallschutz wie auch diejenige für den Wärmeschutz.[96] Das Central-Comité des SIA als Hauptinstanz bestätigte die Empfehlung am 5. September 1968, der Zentralvorstand des BSA am 1. April 1970 und der Vorstand des Verbands Freierwerbender Schweizer Architekten am 22. April 1970, worauf die SIA 181 als «Empfehlung» für den Schallschutz im Wohnungsbau schliesslich am 15. Mai 1970 veröffentlicht wurde.

Bei der Diskussion um erhöhte Anforderungen drehte sich die Entstehungsgeschichte der Schallschutznorm indes bald nur noch um soziale und nicht mehr um technische Fragen. Das Problem waren diesmal nicht physikalische Methoden oder Grenzwerte, sondern die umstrittene Rechtmässigkeit eines höheren Schallschutzstandards für Eigentümer gegenüber Wohnungsmietern. Im Vorfeld der Publikation der SIA 181 löste insbesondere diese Unterscheidung zwischen (vermeintlich einkommensschwächeren) Mietern und (anspruchsvolleren oder auch streitbareren) Eigentümern heftige Debatten aus. Von Ingenieursseite her wurden unterschiedliche Schallisolierungsstandards vorgeschlagen, was bei der Wohnbauförderung auf Ablehnung stiess.

Auf der neunundzwanzigsten Sitzung am 27. Juni 1969 wurden diesbezüglich die Differenzen zwischen der Forschungskommission Wohnungsbau des Bundes (FKW) und der Zentralen Normenkommission des SIA protokolliert. Der Präsident der ZNK Paul Haller (1902–1987) erfuhr erst auf der Sitzung von den Einwänden der FKW und beharrte auf seiner Empfehlung für eine Differenzierung der Norm in minimale und in erhöhte Ansprüche. Im Protokoll wurde festgehalten, dass es dabei um einen Unterschied von «vielleicht um 5 Dezibel gehen kann». Auch hier wurden die Baukosten, die mit dem verbesserten Schallschutz rasch anstiegen, gleich mitgedacht; man ergänzte, dass «über die wirtschaftlichen Auswirkungen […] aber keine genauen Angaben» gemacht werden könnten.[97] Der Vertreter der FKW argumentierte dagegen, dass die Miet- und Eigentumswohnungen auf dem Markt austauschbar bleiben müssten und dass «die Bewohner normaler Wohnungen das gleiche Recht auf einen angemessenen Schallschutz wie die Besitzer von Eigentumswohnungen» hätten.[98] In diesem Sinne war die FKW der Ansicht, dass auf erhöhte Anforderungen generell verzichtet werden sollte.

Einige Jahre zuvor hatte in Deutschland eine nahezu identische Debatte stattgefunden: Anlässlich der Neufassung der DIN 4109 von 1962 erwähnte der deutsche Nestor der Bauakustik Karl Gösele (1912–2004), dass die Norm zwischen «unbedingt einzuhaltenden Mindestwerten und empfohlenen Grenzwerten für einen gehobenen Schallschutz» unterscheide, wobei er Letzteres als Verkaufsargument für Bauherren der seit den 1950er Jahren in Deutschland realisierten Eigentumswohnungen anpries.[99]

Hier wiederholte sich sowohl in der Schweiz als auch in der Bundesrepublik Deutschland ein Topos vom Anfang des Jahrhunderts. Die bürgerliche Elite und besser gebildete Schicht, so das Vorurteil, sei auch sensibler.[100] Die technischen Experten waren bereit, eine solche Differenz in den Normen festzuschreiben – vermutlich aufgrund ihrer praktischen Erfahrungen, nach denen es eher Eigentümer und nicht Mieter waren, die Lärmklagen einreichten. Wegen ihrer erhöhten Streitlust bräuchten also, so die allgemeine Annahme, die Wohnungseigentümer einen besseren Ruheschutz. Die Vertreter der öffentlichen Interessen in Wohnungsbaufragen jedoch sperrten sich gegen Vorschriften, die auf sozialen Unterscheidungen gründeten.

In der Schweiz wurde dank einer etwas vageren als der ursprünglich vorgeschlagenen Formulierung dann noch 1969 ein Kompromiss gefunden. Die ZNK einigte sich darauf, «dass für alle Arten Wohnungen Minimalanforderungen zu stellen sind, dass aber auch Werte für erhöhte Anforderungen, wo solche erwünscht sind, in der Empfehlung anzugeben sind [...] ohne jegliche Erwähnung der Wohnungsarten.»[101] Entsprechend fiel die Textstelle über die «erhöhte[n] Anforderungen» in der 1970 veröffentlichten «Empfehlung» aus. Sie wurde, wie von der FKW gefordert, unabhängig von Eigentumsverhältnissen und der sozialen Stellung der Bewohner verfasst: «Gegenüber den Mindestanforderungen sind erhöhte Anforderungen überall dort zu verlangen, wo besondere Ansprüche an Ruhe gestellt werden müssen oder wo eine besonders ungünstige Schallsituation vorliegt.»[102] Mit der 2006 in Kraft getretenen Revision allerdings wurden in der Schweiz die erhöhten Anforderungen für neu gebautes Stockwerkeigentum und Doppel- und Reiheneinfamilienhäuser obligatorisch eingeführt – allen sozialpolitischen Argumenten der einstigen Wohnungsbau-Forschungskommission zum Trotz.[103]

Es ist auffällig, dass in der Schweiz erst nach der Energiekrise der 1970er Jahre verbindliche Regelungen für die Schall- und Wärmeisolation durchgesetzt werden konnten: Am 1. Oktober 1976 wurde die erst 1970 als Empfehlung herausgegebene SIA 181 dann in eine Norm umgewandelt.[104] Einen höheren Stellenwert erhielt diese Norm dann gut zehn Jahre später, als

ein Gesetz auf sie verwies. Dies geschah in der Schweiz mit der am 15. Dezember 1986 erlassenen und am 1. April 1987 in Kraft getretenen Lärmschutzverordnung (LSV). Spätestens mit dieser Namensgebung besiegelte die staatliche Hoheit die Sprachgewohnheiten, in der nicht etwa die Ruhe, sondern der Lärm zu schützen sei. Oder allenfalls der Einzelne vor dem Lärm der anderen – der eigene störte ja kaum je.

1 Füeg 1960, S. 7.
2 Die bei Drucklegung gültige Deutsche Industrienorm 1320 für «Akustik-Begriffe» des Deutschen Instituts für Normung e.V. (DIN) wurde im Dezember 2009 veröffentlicht. Eingesehen werden können die DIN-Normen in der vom deutschen Beuth Verlag betriebenen Referenzdatenbank «Perinorm», gegen Entgelt online oder (so an manchen Hochschulen) im Intranet: www.perinorm.com (abgerufen am 20. Juli 2018).
3 Ebd., S. 3.
4 Reiher 1932, S. 11.
5 Vgl. Rittel / Webber 1973.
6 DIN 1320 : 2009, S. 5.
7 Guski 1987, S. 9.
8 Vgl. Guski 2002.
9 Grimm / Grimm (bearb. von Moriz Heyne) 1885, Sp. 202.
10 Vgl. Pfeifer / Braun 1995, S. 766–767.
11 Vgl. Payer 2003, S. 184–188.
12 Osswald 1939 , S. 31.
13 Vgl. Attali 1985 [frz. 1977], S. 33–36. Jacques Attali schlägt vor, die als ungeordnet wahrgenommenen Klänge einer Kultur zur Prognose gegenwärtiger und zukünftiger Organisationsformen der Gesellschaft und als Gradmesser der gesellschaftlichen Machtverteilung einzusetzen, und will daraus sogar Prognosen für die Zukunft herleiten.
14 Vgl. ebd., S. 109.
15 Vgl. Massard-Guilbaud 2010; Payer 2003, S. 180.
16 Vgl. Corbin 1988 [frz. 1982], S. 181–182. Alain Corbin wandte sich später mit seinem Buch *Les Cloches de la terre* auch den Tönen zu, allerdings nicht im industriellen und städtischen Kontext, sondern hinsichtlich der Besetzung und Markierung der Landschaft durch den Klang der Kirchenglocken; vgl. Corbin 1994.
17 Teyssot 1989, S. 119.
18 Pasteurs Experimente gelten mit Blick auf die Differenzierung von Bakterien als Meilenstein in der Entwicklung der Mikrobiologie. Sie wurden zum zentralen Beispiel in Bruno Latours kritischer Sozial- und Wissenschaftsgeschichte zum Transfer von Wissen aus dem Laboratorium in die Gesellschaft; vgl. Latour 1987, S. 83–90, ausführlich in: ders. 1988; siehe auch ders. 2006. Für weitere sozialhistorische Kommentare zu Pasteur siehe auch Corbin 1988 [frz. 1982]; Bijsterveld 2008.
19 Vgl. Bijsterveld 2008, S. 14.
20 Serres 1993 [frz. 1977], S. 187–188. Serres sah – anders als Bruno Latour – das prägende Moment von Pasteurs Experimenten nicht im Rückzug in die abgeschlossene Umgebung des Laboratoriums, sondern im Aufstieg in die Höhe: «‘Oben’ hieß gesund, ‘unten’ dagegen verfault. […] Die ganze gelehrte Welt steigt ins Gebirge hinauf, um saubere Hände und einen reinen Körper zu haben.» Ebd., S. 188.
21 Zit. n. Mieszkowski/Nieberle 2017, S. 19–20.
22 Scheerbart 1971 [1914], S. 114. Paul Scheerbart widmete seine 1914 veröffentlichte Sammlung *Glasarchitektur*, in der sich auch die hier zitierte «Entdeckung des Backsteinbazillus» (die 89. von insgesamt 111 Oden) befindet, dem Architekten Bruno Taut (1880–1938), der

sich seinerseits revanchierte, indem er Scheerbart sein anlässlich der Kölner Werkbundausstellung von 1914 realisiertes Glashaus widmete. Noch in den 1960er Jahren zitierte der britische Architekturkritiker Reyner Banham nicht nur Scheerbarts Backsteinbazillus-Ode, er würdigte die expressionistische Freihandzeichnung auf dem Buchumschlag von 1914 dabei auch auf eine Art und Weise, als stamme sie aus einem technischen Handbuch; vgl. Banham 1969, S. 125–130.

23 Vgl. S. v. Fischer 2002.

24 Zu McKenzies *City of Din* vgl. Bijsterveld 2008, S. 163–164.

25 Zit. n. Lauffer 2011, S. 31. Wie die Kulturwissenschafterin Ines Lauffer am Beispiel von sechs deutschen Romanen nachgezeichnet hat, drehte sich die literarische Polemik gegen die moderne Architektur in vielen Fällen um ihre Offen- und Aufgeräumtheit. Für eine eingehende Untersuchung des Wohndiskurses in Musils Werk siehe Asendorf 1991.

26 Vgl. Noell 2011, S. 150. Noell bezieht sich auf einen Beitrag des Pariser Kunstkritikers Louis Vauxcelles (1870–1943): «Au Salon des décorateurs», in: *Excelsior*, 7. Juni 1930, S. 4.

27 Zu Tergits *Käsebier erobert den Kurfürstendamm* siehe auch Lauffer 2011, S. 83–118.

28 Zit. n. Geisel 2018, S. 201.

29 Vgl. Braun 1998; Thompson 2002; Dommann 2006; Bijsterveld 2008, S. 101–103; Schwartz 2011; Payer 2007, S. 781; ders. 2014; ders. 2018.

30 Vgl. Thompson 2002, S. 121–122; Schwartz 2004, S. 51; Bijsterveld 2008, S. 103–104.

31 Berger 1931, S. 7.

32 Den Namen, so schrieb Richard Berger 1931, habe ein englischer Zeitungsverleger vorgeschlagen, als Übersetzung von «Antirowdy»; tatsächlich war auch «Antirowdy» anfangs einer der Untertitel, siehe Lessing 1908/1909. Siehe auch Payer 2007, S. 781–782.

33 Lessing 1908, S. 7.

34 Vgl. Bijsterveld 2008, S. 31–41.

35 Simmel 1995, S. 121.

36 Vgl. Braun 2011, S. 60–61 und S. 255. Braun verweist in diesem Zusammenhang auf Erich Neisius, *Geschichte der arbeitsmedizinischen Lärmforschung in Deutschland*, med. Diss., Johann Wolfgang-Goethe Universität Frankfurt am Main 1989, S. 49–57.

37 Vgl. Bijsterveld 2008, S. 162; Thompson 1999, S. 264; dies. 2002, S. 157–158. – Bijsterveld und Thompson beziehen sich auf Edward F. Brown u. a. (Hg.), *City Noise. The Report of the Commission Appointed by D. Shirley W. Wynne, Commissioner of Health, to Study Noise in New York City and to Develop Means of Abating It*, New York 1930, S. 55.

38 Vgl. Rodenstein / Böhm-Ott 1996, S. 526–527.

39 Ebd.

40 Vgl. Bijsterveld 2008, S. 180.

41 Vgl. Thompson 2002, S. 130–132.

42 H. Meyer 1926, S. 205, S. 221 und S. 223.

43 Vgl. die Grafik in Tanner 1994, S. 31.

44 Vgl. Beranek 1960, S. vii; siehe auch Eggenschwiler / Fischer 2014.

45 Schmidgen 2006, S. 171. Schmidgen bezieht sich hier auf Georges Canguilhem, *Das Normale und das Pathologische* (Canguilhem 1974), im französischen Original erstmals 1966 publiziert.

46 Füeg 1960, S. 7.

47 Ebd.

48 Vgl. S. v. Fischer, Module, Systeme, Normen, 2008.

49 Füeg 1960, S. 7.

50 In der Schweiz erschienen 1883 als erste technische Publikationen für das Bauwesen die «Normalisierung der Backsteinformate, die Klassifikation von Eisen und Stahl» und weitere Normen; vgl. J. Fischer 2012. Prägend für die Entwicklung in den USA nach dem Amerikanischen Bürgerkrieg waren neue Verwaltungsformen, welche die Klimakontrolle ebenso umfasste wie das Aufstellen von Konventionen für Bauelemente; vgl. Osman 2018; darüber hinaus Slaton / Abbate 2001.

51 Vgl. Kuert 1997, S. 20.

52 Zit. n. der Selbstdarstellung auf der Website der ISO, https://www.iso.org/about-us.html (abgerufen am 1. Juli 2018).
53 Geisel 2018, S. 202.
54 Wedler, Es gibt keine Entschuldigung, 1957, S. 2.
55 Vgl. DIN 4110:1934, S. 566.
56 Ebd.
57 Wagner 1934.
58 Wagner 1934, S. 86–87.
59 Ebd., S. V.
60 Siehe Braun 1998; ders. 2001.
61 Nationalsozialistischer Bund Deutscher Technik 1935.
62 Ebd.
63 Ebd.
64 Wagner 1935, S. 532; Sperrdruck im Original.
65 Die Details zur Entlassung von Karl Willy Wagner hat sein damaliger Assistent Alfred Thoma 1948 festgehalten. Demnach hatte sich Thoma 1936 als einziger Mitarbeiter des Instituts öffentlich gegen Wagners Entlassung ausgesprochen, woraufhin er ebenfalls entlassen worden sei. Thoma zufolge seien die gegen Wagner in diesem Zusammenhang vorgebrachten Anschuldigungen – es ging um Geldauslagen – erfunden gewesen; vgl. A. Thoma 1948; U. Thoma 2009. Der Wikipedia-Eintrag zu Wagner verweist als zusätzlichen Grund auf eine Weigerung Wagners, jüdische Mitarbeiter zu entlassen, vgl. de.wikipedia.org/wiki/Karl_Willy_Wagner (abgerufen am 1. Juli 2018); die Information konnte indes nicht anderweitig bestätigt werden.
66 Vgl. S. v. Fischer, Umstrittene Normierung, 2014; Vossoughian 2014, S. 35–36; Meister 2018, hier das Kapitel «Lebensgestaltung circa 1936: Strategizing Total Aesthetics».
67 Braun 1998, S. 256.
68 Vgl. die «Verordnung über die allgemeine baupolizeiliche Zulassung neuer Baustoffe und Bauarten» vom 8. November 1937 (Verordnung in vier Paragraphen durch den Reichsarbeitsminister [Johannes] Krohn in «Amtliche Nachrichten»), in: *Zentralblatt der Bauverwaltung vereinigt mit Zeitschrift für Bauwesen*, 57 (1937), Nr. 46, S. 1167.
69 DIN 4110:1938.
70 «Der Übergang der Zulassung neuer Baustoffe und Bauarten auf das Reich und die Neubearbeitung der Technischen Bestimmungen für Zulassung neuer Bauweisen (DIN 4110)» wurde in einer mit der Ausgabe vom 10. August publizierten Beilage des *Zentralblatt der Bauverwaltung vereinigt mit Zeitschrift für Bauwesen* erläutert, vgl. Wedler 1938.
71 Ebd., S. 875.
72 DIN 4110:1938, S. 887 (d. i. S. 13 des DIN-Textes).
73 Gastell 1936. Zum Hammerwerk siehe in der vorliegenden Studie auch das Unterkapitel «Die Vermessung des Trittschalls»im dritten Kapitel zur «Isolierung».
74 Vgl. Verordnung des Beauftragten für den Vierjahresplan über die verbindliche Einführung von Normen, Geschäfts- und Lieferbedingungen vom 8. September 1939, zit. in: Voigt 1999, S. 26, Fussnote S. 32.
75 Schallschutz im Hochbau [Ankündigung der DIN 4109 per Runderlass des Reichsarbeitsministers vom 18. April 1944], 1944, S. 102–103.
76 Siehe *Zentralblatt der Bauverwaltung vereinigt mit Zeitschrift für Bauwesen*, 64 (1944), S. 9, 27, 100 und 102–103.
77 Die erste Fassung der DIN 4109, Richtlinien für den Schallschutz im Hochbau, hg. vom deutschen Normenausschuss, Berlin 1944, war trotz intensiver Recherche nicht im Original auffindbar. Dr. Joerg Wildoer (Firma Genest, Berlin) stellte sie mir aus seinem Privatarchiv im Nachdruck mit Ergänzungsvorschlägen für die Überarbeitung vom Januar 1959 und mit Anmerkungen vom Dezember 1960 zur Verfügung. Die überarbeitete Fassung erschien dann 1962.
78 Zur Massordnungsdebatte um 1948 vgl. *neue bauwelt*, 1948, insbesondere S. 614. Siehe auch S. v. Fischer, Umstrittene Normierung, 2014; Meister 2018.

79 Der Umfang erklärt sich vor allem aus einer grösseren Differenzierung und Detaillierung. In der Überarbeitung von 1978 wurden zum Beispiel die Bestimmungen zur maximalen Trittschallübertragung von den Decken auf die Treppen erweitert und die allgemeinen Anforderungen an Innen- und Aussenwände erhöht.
80 Zu Wedlers Biografie vgl. Stiglat 2004, S. 440. Zu deutschen Architekten- und Ingenieurbiografien im Nachgang der Herrschaft der Nationalsozialisten an anderen Beispielen siehe Durth 1987; ders. 1999.
81 Wedler 1952, S. 3. Wedlers Kommentar stammt aus dem Vorwort zu einem Bericht zum Schallschutz, der in der Reihe *Fortschritte und Forschungen im Bauwesen* des deutschen Beirats für Bauforschung beim Bauministerium erschienen ist.
82 Wedler 1964, o. S.
83 Wedler, Es gibt keine Entschuldigung, 1957, S. 2. – Die Autoren der Broschüre *Baut ruhige Wohnungen* sind auf der letzten Seite verzeichnet: «Die Idee und der erste Beitrag dieses Heftes stammen von Bernhard Wedler. Erläuterungen und Hinweise zum Schallschutz verfaßte Baumeister Werner Böckl, die 10 Gebote schrieb Dr.-lng. Paul Schneider. Georg A. Neidenberger besorgte die grafische Gestaltung. Druck Brüder Hertmann. Alle in Berlin.» Bundesminister für Wohnungsbau 1957, S. 33.
84 Vgl. Rüsch 1944, S. 9.
85 Eidgenössisches Justiz- und Polizeidepartement 1963, S. 15. Zur Vorgeschichte des Berichts siehe Gallati 2004.
86 Eidgenössisches Justiz- und Polizeidepartement 1963, S. 20.
87 Ebd., S. 54.
88 Hofmann 2009, S. 10. Siehe auch Imhasly 2012.
89 Eidgenössisches Justiz- und Polizeidepartement 1963, S. 54.
90 Ebd., S. 213.
91 Vgl. Protokoll der 1. Sitzung der ZNK des SIA, 5. Juli 1963, SIA Archiv Zürich, o. Sign. Die Protokolle wurden in der Zwischenzeit ins gta Archiv / ETH Zürich integriert.
92 Protokoll der 15. Sitzung der ZNK, 6. April 1966, S. 10, SIA Archiv Zürich, o. Sign.
93 Protokoll der 17. Sitzung der ZNK, 9. September 1966, S. 4, SIA Archiv Zürich, o. Sign.
94 Ebd.
95 An der Sitzung im September 1966 nahmen mindestens zwei Personen, die sich dazu kompetent hätten äussern können, nicht teil: Anselm Lauber, Leiter der Akustik-Abteilung der Empa, und der Präsident der Normenkommission Paul Haller.
96 Protokoll der 26. Sitzung der ZNK, 29. August 1968, SIA Archiv Zürich, o. Sign.
97 Protokoll der 29. Sitzung der ZNK, 27. Juni 1969, S. 5, SIA Archiv Zürich, o. Sign.
98 Ebd.
99 Gösele 1962, o. S.
100 Vgl. Bijsterveld 2008, S. 238.
101 Protokoll der 29. Sitzung der ZNK, 27. Juni 1969, S. 6, SIA Archiv Zürich, o. Sign.
102 SIA 181:1970, S. 21.
103 Vgl. SIA 181:2006. Seit 1988 heisst die SIA 181 «Schallschutz im Hochbau», um auch weitere Gebäudetypen ausser Wohnungen einzuschliessen; vgl. Empfehlung SIA 181:1970, gültig vom 15. Mai 1970 bis zum 30. September 1976 (28 Seiten); Norm SIA 181:1976, gültig vom 1. Oktober 1976 bis zum 30. September 1988, 28 Seiten (mit mehr Grafiken); Norm SIA 181/11:1979 / Empfehlung SIA 181/3:1982 (Teilrevisionen); Norm SIA 181:1988, gültig vom 1. Oktober 1988 bis zum 31. Mai 2006 (52 Seiten); Norm SIA 181:2006, gültig seit 1. Juni 2006 (68 Seiten).
104 Wie ausschlaggebend die heute aufgehobene Unterscheidung zwischen Empfehlung und Norm war, kann nicht abschliessend beurteilt werden. Die angesichts der Energiekrisen der 1970er Jahre im Fokus der Debatten stehende SIA 180 («Wärmeschutz im Hochbau») wurde schliesslich erst nach dem Schallschutz zur Norm umgewandelt; vgl. Empfehlung SIA 180:1970, gültig ab 15. Mai 1970 (1975 bestätigt und wieder aufgelegt); Empfehlung SIA 180:1983 (revidiert, enthält Klimadaten für Heizungsberechnung); Norm SIA 180:1988.

# Isolierung: Nachbarschaft und Privatsphäre

# SCHEMA DER „LUFTSCHALL"- ISOLIERWIRKUNG EINER TRENNWAND

PERIOD. SCHALLKRÄFTE

f=1

f=2

f=5

ANKOMMENDER SCHALL

EINDRINGENDER SCHALL

OBERFLÄCHEN-RÜCKWURF

MEMBRAN-SCHWINGUNG-ABSTRAHLUNG

AUSTRITT-VERLUST

SCHALL-RAUM I

EINTRITT-VERLUST

AUFGESPEICHERTE SCHWING-ENERGIE

MEMBRAN-SCHWINGUNG

POREN-REIBUNG =VERLUST

ABLEITUNG DURCH WANDBEFESTIGUNG

DEFORMATIONS-ARBEIT IM WAND-MATERIAL=VERLUST

POREN DURCHGANG

DICKE DER WAND

AUSTRITT-VERLUST

AUSTRITT-VERLUST

MEMBRAN-ABSTRAHLUNG

POREN-AUSTRITT

HÖR-RAUM II

ABGEGEBENER, d.i. „NICHT ISOLIERTER" SCHALL

## Die Vermessung des Trittschalls

> Solange wissenschaftliche Fakten sich innerhalb der Laboratorien abspielen, muss man, um sie zirkulieren zu lassen, kostspielige Netzwerke aufbauen, innerhalb derer sie ihre fragile Effektivität bewahren können.[1]
>
> Bruno Latour, «Gebt mir ein Laboratorium und ich werde die Welt aus den Angeln heben», 2006 (im englischen Original 1983)

Die in Normen festgeschriebenen Lärmgrenzwerte regelten die Beziehungen zwischen Innen und Aussen: zwischen Wohn- und Strassenräumen, zwischen Nachbarn und Fremden, zwischen Laboratorium und Gesellschaft. Die von Bruno Latour beschriebene «Transformation der Gesellschaft in ein großes Laboratorium»[2] vollzog sich auch in den akustischen Wissenschaften, als die verschiedenen Phänomene des Schalls vermessen werden sollten. Im Hochbau zeichnete sich ab, dass Werte wie die im letzten Kapitel beschriebene deutsche «Vergleichsbauweise» von 1934 mit ihrer «1 Stein dicke[n] Vollziegelwand mit beiderseitigem Putz» als akustischer Standard den Entwicklungen in Industrie und Gesellschaft nicht mehr entsprachen. Die um 1930 weltweit anwachsende Vielfalt von Konstruktionsweisen sollte in absoluten, numerischen Grenzwerten neu geregelt werden. Solche festzulegen, verlangte allerdings nach objektivierten Messmethoden, die es teilweise noch gar nicht gab. Dies alles geschah im Dienst der wachsenden Ansprüche an Komfort und Privatsphäre.

Für die aus physikalischer Sicht eindeutigen Formen der Schallübertragung gab es etablierte Techniken. Für Luftschall griff man auf Pfeiftöne und Heulsummer zurück, für Körperschall auf Schläge und Vibrationen.[3] Für den sogenannten Trittschall als die am weitesten verbreitete aller Nachbarschaftsstörungen musste eine Messmethode erst noch entwickelt werden (Abb. 3.02).

> Außer den Schallwirkungen, die durch die Luft übertragen werden, stören im Wohnhaus vielfach Gehgeräusche, welche die Decke in Schwingungen versetzen und als Luftschall in den darunter liegenden Räumen wahrgenommen werden. Man bezeichnet diese Art der Schallwirkung als Trittschall.[4]

**3.01 Schallenergie im Austausch mit der Baukonstruktion: Mit «Schema der 'Luftschall'-Isolierwirkung einer Trennwand» beschriftetes Beiblatt zu Osswalds Vorlesung für die Architekturstudentinnen und -studenten der ETH Zürich, Wintersemester 1932/33.**



3.02 Eine «Lärmvergeltungsmaschine», um dem Nachbarn im oberen Stockwerk den störenden Trittschall heimzuzahlen. Britische Karikatur aus den 1930er Jahren.

Diese Definition aus dem 1934 gleichzeitig mit der ersten Fassung der DIN 4110 herausgebrachten Büchlein *Das lärmfreie Wohnhaus* war insbesondere infolge der Mechanisierung der Haushalte nach dem Zweiten Weltkrieg bald erweiterungsbedürftig. «Stühlerücken, Aufprall fallender Gegenstände, Betrieb von Nähmaschinen und anderen Haushaltmaschinen» nannte Ende der 1950er Jahre der bekannteste Vertreter der Forschung zum Trittschall, der Stuttgarter Bauakustiker Karl Gösele, als Beispiele.[5] In den 1960er Jahren wurden die möglichen Trittschallursachen von ihm differenziert in «Küchenmaschinen, Waschmaschinen» und das «Spielen von Kindern auf dem Fußboden, ja selbst [...] das Öffnen einer Schranktür».[6] Andernorts wurden zur gleichen Zeit das «Gehen oder Fallenlassen von Gegenständen» und die «Bodenpflege im oben gelegenen Senderaum», besonders das Staubsaugen, angeführt.[7] Gösele resümierte dennoch, dass das Gehen der Nachbarn in einem darüber liegenden Stockwerk verglichen mit den weiteren möglichen Schallübertragungen über die Decke «die häufigste Anregungsform» und wichtigste Ursache von Ruhestörungen sei.[8]

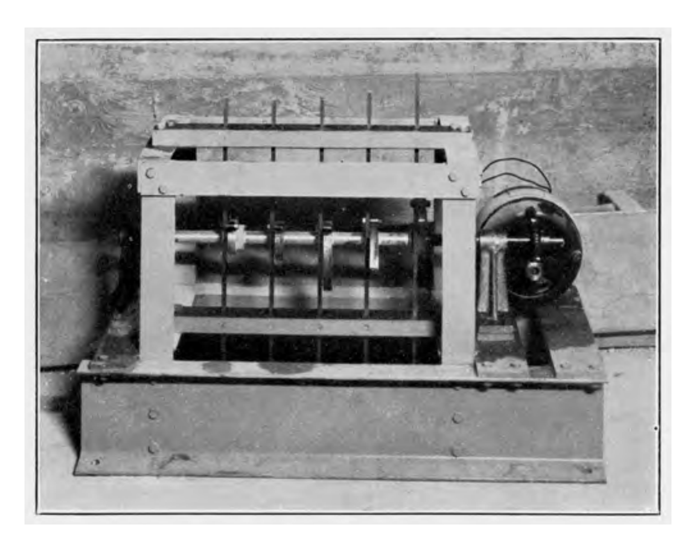
### Hammerwerk und Normtrampler (ab 1928)

Im Januar 1927 meldete Vivian Leroy Chrisler in einem in den *Technologic Papers of the Bureau of Standards* veröffentlichten Aufsatz zum «Soundproofing of Apartment Houses» Bedarf an für ein standardisiertes Hammerwerk.[9] Er berichtete von Luftschallmessungen im Zusammenhang mit der Beurteilung der Schallisolierung von Wänden. Allerdings gebe es, so der Autor, seines Wissens keine publizierten Vergleichsmessungen zu diesem Problem.[10] Zwar

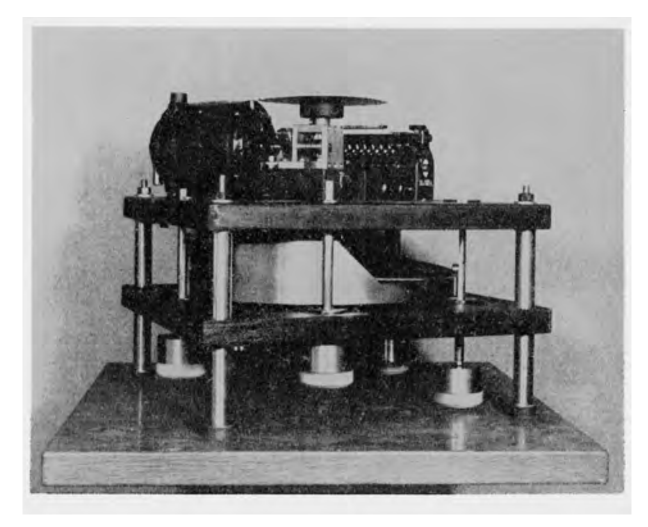
existierten ältere Methoden, bei denen Hämmer und schwere Gegenstände auf den Boden fallen gelassen wurden, doch gab es weder Regeln noch Konventionen, wie Trittschall allgemeingültig zu beschreiben war.

Schon im Folgejahr wurde in der Sound Section des NBS in Washington, D. C., von Chrisler und Wilbert F. Snyder ein Instrument entwickelt, das den Lärm der Nachbarn mit Hilfe eines objektivierten Messvorgangs beurteilte. Bei dieser erstmals im März 1929 im *Bureau of Standards Journal of Research* und danach ein weiteres Mal im Januar 1930 im *JASA* präsentierten «[m]achine for producing impact sounds» handelte sich um einen elektrisch angetriebenen Apparat, der regelmässig und in konstanter Lautstärke hämmerte (Abb. 3.03).[11] Von früheren Schallproben mit fallenden Gegenständen oder mit Fussstampfen unterschied ihn, dass dank eines elektrischen Antriebs die Hammerköpfe eine immergleiche Schallenergie auslösten: Fünf an Stahlstäben aufgehängte 500-Gramm-Gewichte wurden angehoben und im Rhythmus von Fünftelsekunden fallen gelassen.

Das Hammerwerk – im Englischen eben *machine for producing impact sounds* und später *tapping machine*, im Französischen *machine à chocs* – wird bis heute in kaum veränderter Konfiguration verwendet. Es hämmert, wie sein Name sagt, auf die zu prüfende Bodenkonstruktion. Darunter wird gemessen, wie viel Schallenergie durch die Konstruktion in den unteren Raum gelangt. Sein grosser Vorteil gegenüber älteren Methoden (wie das Fallenlassen von Hämmern auf Böden oder das Aufstampfen mit den Füssen) besteht darin, dass es bei konstant gleichbleibendem Tempo und mit folglich konstant gut kontrollierbarer Intensität eine Schallanregung produziert, die für verschiedene Situationen vergleichbare Messungen erlaubt. Der Apparat



**3.03 Fünf Mal pro Sekunde mit fünf Hammerköpfen à 500 Gramm schlug das erste automatische Hammerwerk, das am National Bureau of Standards entwickelt wurde und den Standard für die späteren internationalen Normen setzte. Abbildung aus dem *Bureau of Standards Journal of Research* von 1929.**

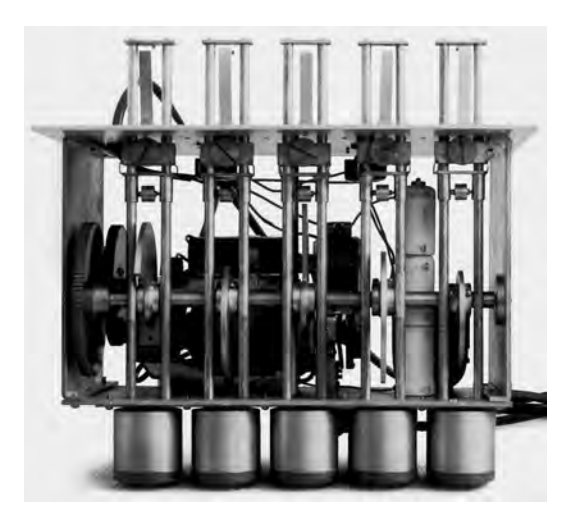


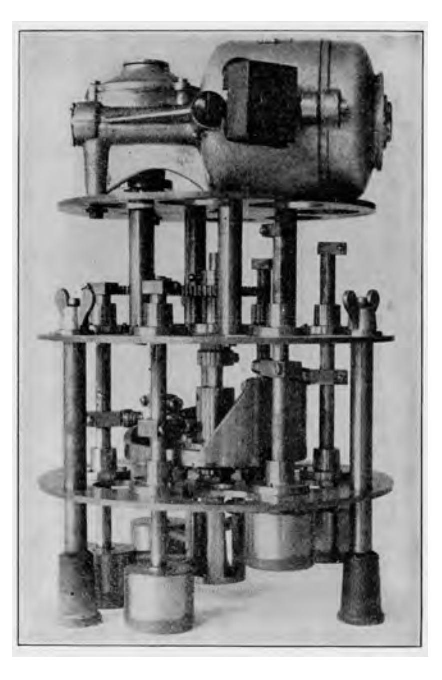
3.04 Zehn Mal pro Sekunde, also doppelt so schnell, schlug das 1935 am Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung in Berlin konstruierte Gerät. Abbildung aus einem deutschen Lehrbuch von 1937.

3.05 Der Mitte der 1940er Jahre an der Technischen Hochschule Chalmers in Göteborg konstruierte Apparat zur Trittschallmessung schlug nur zwei Mal pro Sekunde.

3.06 Die schwersten Hammerköpfe mit je zwei Pfund Gewicht bauten britische Akustiker Mitte der 1940er Jahre.

3.07 Das erste normierte Hammerwerk, das in Serie hergestellt wurde, war der an das Göteborger Modell angelehnte Typ 3202 der dänischen Firma Brüel & Kjær im Jahr 1950. Titelseite der dazugehörigen Gebrauchsanweisung.







B K

BRÜEL & KJÆR

Apparatus for teletechnical, acoustical and medical research

TAPPING MACHINE

*Type 3202.*

The Tapping Machine Type 3202 is designed as a standardized noise generator of impact sound for use in measurements of impact sound insulation in buildings. It is made in accordance with the specifications given in "Provisional Code for Field and Laboratory Measurements of Airborne and Impact Sound Insulation". The brass hammer heads are interchangeable by heads of hard wood, whereby is obtained that the Tapping Machine meets the requirements of the previous type of impact sound generator,

macht es durch den automatisierten und standardisierten Schallimpuls möglich, objektive Aussagen zur Schallisolierung von Böden und Decken zu treffen.

Die konstanten Schläge des Hammerwerks erfüllten den Wunsch der modernen Bauakustik nach einer Methode, welche, um abermals Latour zu zitieren, «die Naturmechanismen von den Leidenschaften» trennt, indem die Welt rein mechanisch nachgebildet wird.[12] Diese Trittschallmaschine, die jeder Ähnlichkeit mit der menschlichen Physiologie entbehrte, übersetzte menschliche Schritte in standardisierte akustische Impulse. Am Beispiel des Hammerwerks lässt sich dabei nachzeichnen, was Latour für die modernen Wissenschaften im Allgemeinen formuliert hat. «[D]urch 'Übersetzung'» entstehen demnach «vollkommen neue Mischungen zwischen Wesen: Hybriden, Mischwesen zwischen Natur und Kultur», die in einem zweiten Schritt «durch 'Reinigung', zwei vollkommen getrennte ontologische Zonen, die der Menschen einerseits, die der nicht-menschlichen Wesen andererseits», schaffen.[13] Die gemessene Lautstärke ersetzte die empfundene Lautheit: Die in Dezibelwerte übersetzten Schläge des Hammerwerks wurden zur Instanz, die entschied, ob eine Störung innerhalb oder ausserhalb der Norm lag.

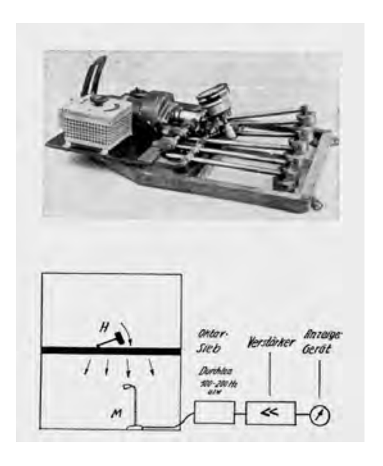
An akustischen Instituten in den Vereinigten Staaten und in Europa wurden in der Nachfolge von Chrislers *machine for producing impact sounds* verschiedenste Apparate gebaut, alle mit dem Ziel, konstante Hammerschläge zu erzeugen und so den Trittschall zu messen. Der Rhythmus der Hammerschläge eines 1935 am Berliner Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung konstruierten Geräts zum Beispiel war mit zehn Schlägen pro Sekunde (was einer Frequenz von 10 Hertz entspricht) doppelt so schnell wie jener des vergleichbaren Geräts in Washington. Die fünf Eisenhämmer des «Trittschallsender» genannten Apparats waren hier auf einer 1 Zentimeter dicken Buchenholzauflage befestigt; die Hammerköpfe wogen ebenfalls je 500 Gramm und fielen aus einer Höhe von 4 Zentimetern auf die Holzplatte (Abb. 3.04).[14] Keineswegs alle frühen Hammerwerke hämmerten indes in diesem Tempo. An der Technischen Hochschule Chalmers in Göteborg etwa wurden zwischen 1944 und 1947 fünf Exemplare eines Apparats gebaut, die wesentlich langsamer, nämlich nur zwei Mal pro Sekunde schlugen (Abb. 3.05).[15]

Bei allen kleinen Unterschieden waren die einzelnen Apparate mitunter sehr ähnlich konstruiert. So folgte die Konfiguration eines Mitte der 1940er Jahre in England von den Akustikern Norman Fleming und William Alexander Allen entwickelten Trittschallmessers dem ein Jahrzehnt zuvor in Berlin entworfenen Apparat: Hier wie dort waren die Hämmer kreisförmig

um den Motor angeordnet. Gemässigte 7,33 Schläge pro Sekunde erzeugte dieses britische Hammerwerk, dessen fünf oder sechs Köpfe jeweils zwei Pfund (circa 900 Gramm) wogen – womit es wohl der schwerste der hier dokumentierten Apparate war (Abb. 3.06).[16]

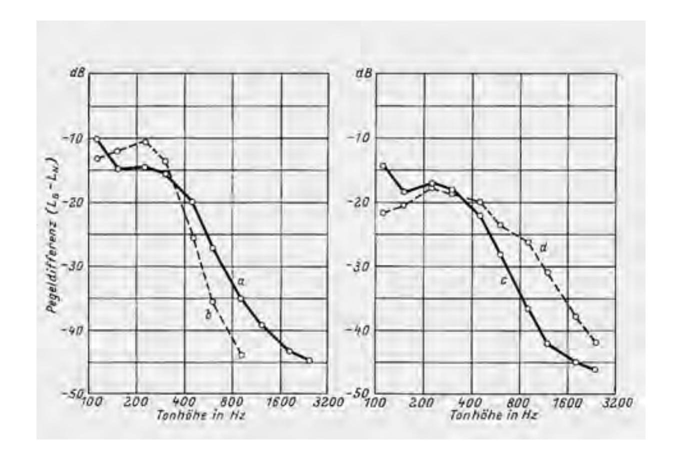
Es wurde mit schwereren Gewichten getestet, dann wieder mit leichteren, doch die Forscher kamen irgendwann stets auf den mittleren Wert von 500 Gramm zurück. Die deutsche DIN 4110 von 1938 verweist ebenso auf ein solches Hammerwerk wie fünfzehn Jahre später die DIN 52210 zur einheitlichen Bewertung von Messergebnissen von Schalldämmzahl und Norm-Trittschallpegel. Parallel dazu hatte 1950 die dänische Firma Brüel & Kjær damit begonnen, erstmals ein normiertes Gerät in Serie herzustellen: Das Modell 3202, eine Weiterentwicklung des Göteborger Hammerwerks mit fünf Köpfen in linearer Anordnung, wurde Teil des sukzessive normierten Schallschutzes in Gebäuden (Abb. 3.07). In Werner Bürcks *Schallmeßfibel* von 1955 trug das «in seinen mechanischen Daten genau festgelegte Hammerwerk» denn auch den Namen «Normtrampler» – ein fast liebevoller, vermenschlichender Sprachgestus für ein Instrument, das der Objektivierung und Standardisierung dienen sollte.[17] Schliesslich regelte die International Standards Organisation mit der ISO 140 im Jahr 1960 als Empfehlung und 1978 als Norm die «Measurement of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements» mittels Normhammerwerk.






3.08 Laborkittel, Wohnzimmerteppich und ein Hammerwerk mit Transportkoffer. Abbildung aus einem deutschen Lehrbuch von 1960.

3.09 Je kleiner das Hammerwerk, desto einfacher konnte es auf eine Baustelle oder in ein bewohntes Gebäude transportiert werden: Hammerwerk mit Funktionsschema. Abbildung aus einer Broschüre der Schriftenreihe der Forschungsgemeinschaft Bauen und Wohnen von 1951.






**3.10** Gummisohlen erzeugten mehr tieffrequenten Trittschall als Ledersohlen, Frauenschritte waren lauter als Männerschritte: Auch nach der Standardisierung wurden die Methoden immer wieder überprüft. Abbildung aus einer Broschüre der Schriftenreihe der Forschungsgemeinschaft Bauen und Wohnen von 1959.

**3.11** Hochhackige Damenschuhe waren die beliebtesten Schallimpulse im Laboratorium, hier drei Amerikanerinnen bei Trittschallmessungen am National Bureau Standards in Washington, D.C. Abbildung aus einer Broschüre des NBS von 1970.

Für die Messungen ausserhalb der Laboratorien wurden schliesslich auch Apparate entwickelt, welche zwar etwas weniger präzise im Takt, aber dafür einfacher zu transportieren und praktischer zu bedienen waren. Sie waren leichter, kleiner und mit Griffen ausgestattet, zuweilen sogar in einen Transportkoffer integriert (Abb. 3.08, 3.09).

Als Gösele sich nach dem Zweiten Weltkrieg in Stuttgart im Rahmen der «Forschungsgemeinschaft Bauen und Wohnen» – einer vom damaligen Bundesland Württemberg-Baden ins Leben gerufenen öffentlichen Stiftung – mit dem Schallschutz im Wohnbau auseinandersetzte, machte er sich auch daran, den mittlerweile seit drei Jahrzehnten standardisierten Schallimpuls mit Männer- und Frauenschuhen zu vergleichen (Abb. 3.10).[18] Diese differenzierten Beobachtungen haben in japanischen und kanadischen Experimenten mit grossen Gummibällen, die den sogenannten Fersengang in

den tiefen Frequenzen abbilden sollten, ihre Nachfolger gefunden. Die bevorzugten Testschuhe blieben allerdings hochhackige Damenschuhe, die dem standardisierten Hammerwerk am nächsten kamen (Abb. 3.11).[19]

Der Berliner Akustikprofessor Lothar Cremer und sein junger Mitarbeiter und späterer Nachfolger Manfred Heckl (1930–1996) kritisierten in dieser Hinsicht einerseits, dass das Nachbilden der Geräusche mit Absätzen oder Hämmern nicht wirklich ausreiche, «da […] in der Praxis Trittschall nicht nur durch Gehen und Laufen, sondern auch durch Klopfen und fallende Gegenstände erzeugt» werde. Auch werde mit dem sogenannten Norm-Trittschallhammerwerk «die Charakteristik von Gehgeräuschen nicht besonders gut nachgebildet», doch andererseits biete der Apparat immerhin «einen – wie die Praxis gezeigt hat – sehr brauchbaren Kompromiß».[20]

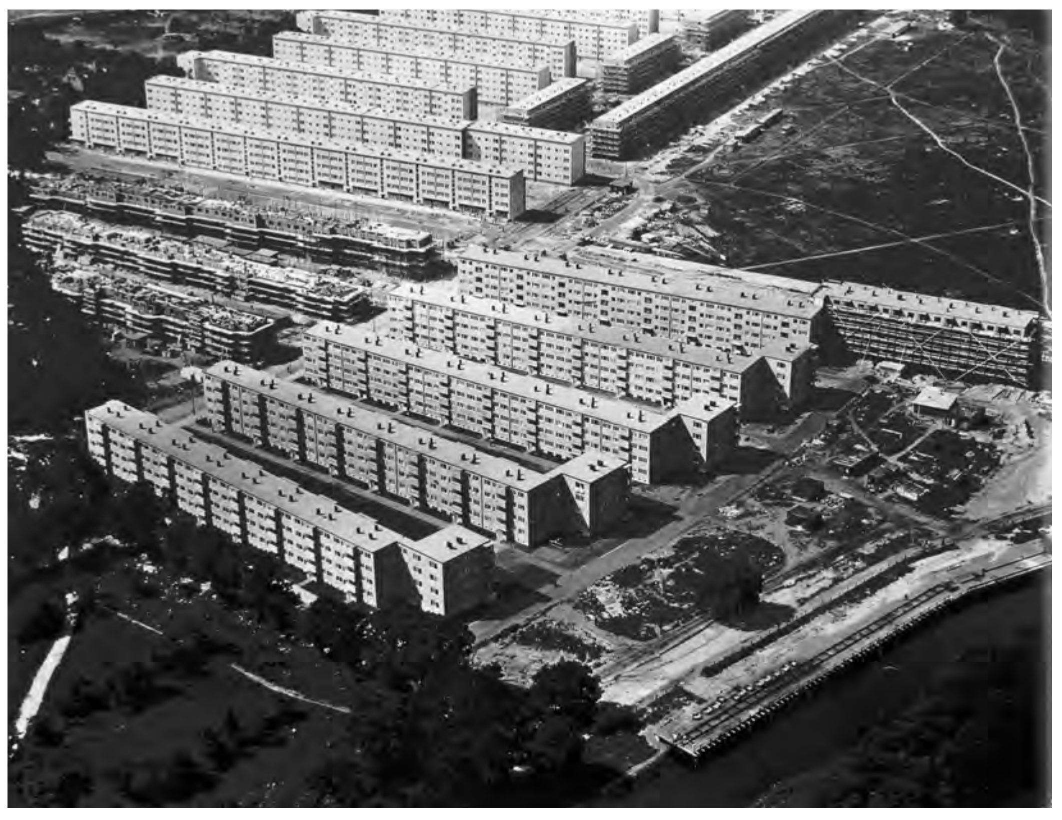
### Laute Lärmmessungen in Berlin-Haselhorst (1936)

Luftschall, Körperschall, Trittschall – all dies konnte nun gemessen und mit Vergleichsbauweisen wie eine «1 Stein dicke Vollziegelwand mit beiderseitigem Putz» oder einer «Holzbalkendecke (Balken mindestens 24 cm hoch) mit Einschub, Auffüllung, Dielung, Schalung, Berohrung und Putz» verglichen werden.[21] Die mit den deutschen DIN-Normen in Bewegung gesetzten Prozesse berührten indes nicht nur die Berufsakustiker. Auch die Mieterschaft der nach den neuen Erkenntnissen geplanten Häuser war betroffen und bald neben dem Lärm der Nachbarn auch jenem der Schalltests selbst ausgesetzt.

Die Hammerwerke aus den Laboratorien auf die Baustellen und in die Reihen-, Mehrfamilien- und Hochhäuser der Stadt zu bringen und dort einzusetzen, stellte die angewandte Akustik nicht nur bezüglich des Gewichts der Apparate vor Probleme. Auch nach der Einführung transportabler Geräte waren diese «wegen ihres grösseren Umfanges zu Messungen in praktischen Bauten schwer zu verwenden», wie die Akustiker des Berliner Instituts für Schwingungsforschung ihrem in der ersten Ausgabe der neu gegründeten *Akustischen Zeitschrift* publizierten Bericht über Messungen in bewohnten Wohnungen von 1936 voranstellten.[22] Ausserhalb der Laboratorien gab es überdies zum einen zahlreiche Störgeräusche, welche die Messungen erschwerten, und zum anderen Konflikte mit den Bewohnerinnen und Bewohnern, welche sich durch die lauten Lärmmessungen gestört fühlten.

Die in der *Akustischen Zeitschrift* besprochenen Messversuche mit portabler Versuchsanordnung wurden mittels Schallsender und Schallempfänger unter anderem in der Reichsforschungssiedlung Haselhorst in Berlin-Spandau vorgenommen. Hierbei handelte es sich um das seiner-

zeit grösste Berliner Siedlungsprojekt mit insgesamt 3448 Wohnungen für 12 000 Menschen, dazu gab es 37 Ladenlokale (Abb. 3.12). Planung und Baustart der Reichsforschungssiedlung fielen ebenso wie die ersten Wohnungsübergaben noch in die Zeit der Weimarer Republik. Die 1927 gegründete «Reichsforschungsgesellschaft für Wirtschaftlichkeit im Bau- und Wohnungswesen» hatte hierfür im Folgejahr 1928 auf einem 45 Hektar grossen Areal in Spandau einen städtebaulichen Ideenwettbewerb veranstaltet. Dieser endete in einem Zerwürfnis mit dem Bauhausgründer und Wettbewerbssieger Walter Gropius (1883–1969), der eine Siedlung aus zehn- bis zwölfgeschossigen Wohnhochhäusern bauen wollte.[23] Stattdessen wurden zwischen 1930 und 1935 um den Haselhorster Damm vorwiegend viergeschossige Wohnzeilen gebaut, weiter aussen auch Reihenhäuser, dazu Schulen, eine Kirche und ein Zentralwaschhaus.[24] In den Häusern nach den Plänen namhafter Architekten, darunter Paul Mebes (1872–1938), Fred Forbat (1897–1972) und Otto Bartning (1883–1959), entstanden über dreissig unterschiedliche Kleinwohnungsgrundrisstypen in Zwei-, Drei- und



**3.12 Erprobung neuer Konstruktionen im Massengeschosswohnungsbau: Luftbild der noch im Bau befindlichen Reichsforschungssiedlung Haselhorst in Berlin-Spandau aus dem Jahr 1931.**

Vierspännerwohnungen – ein wahres Experimentierfeld für die Typisierungs- und Rationalisierungsstrategien der Zwischenkriegszeit.

Am meisten Aufsehen unter den verschiedenen neuen Bautechniken erregte in Haselhorst die Skelettbauweise, die – statt wie gewohnt – hier nicht für Industriebauten umgesetzt, sondern im Massengeschosswohnungsbau getestet wurde (Abb. 3.13–3.15). Allerdings stellte der Stahlbau bezüglich der Körper- und Trittschallisolation besonders hohe Anforderungen. Die Stahlträger waren in diesem Fall mit 5 Millimeter starken Korkplatten ummantelt, um die Schallübertragung in die Ziegelwände zu dämmen (Abb. 3.16).

Kork war jedoch bei weitem nicht das einzige Isoliermaterial auf dem deutschen Markt. So bewarb beispielsweise die auf Schall- und Erschütterungsisolationen spezialisierte, bereits erwähnte Emil Zorn AG ihre Produkte unter anderem in der vom Preußischen Finanzministerium herausgegebenen *Zeitschrift für Bauwesen* mit Inseraten wie diesem:

> Größte Ruhe im Hause – – – heute ein Notschrei!
> Verhindern Sie also die Fortpflanzung von Geräuschen und Erschütterungen, isolieren Sie aufgehendes Mauerwerk und Träger- und Deckenauflagen mit «Asphalt-Korsil» und «Antivibrit», Wände mit «Absorbit» und Decken mit «Antiphon». / Täglich neue begeisterte Anerkennungen / 30jährige Erfahrungen / Beratung durch Spezial-Ingenieure.[25]

Die von der Emil Zorn AG entwickelte und produzierte Bitumenisoliermatte «Absorbit» war gleichsam eines der empfohlenen Produkte in der firmeneigenen Zeitschrift *Die Schalltechnik*, so auch in dem eigentlich redaktionell gehaltenen Beitrag «Wirksame Maßnahmen gegen die Hellhörigkeit von Gebäuden».[26] Die mit Bitumen imprägnierten Pappbahnen würden, so das Versprechen in parallel geschalteten Annoncen, dank Materialbeschaffenheit und mehrschichtigem Aufbau besser dämmen als eine fast doppelt so starke Wand (Abb. 3.17). In der zweiten Ausgabe von *Die Schalltechnik* wurde dies auch quantitativ belegt: «Im ‘Absorbit’ kennt die Bauwelt heute ein Material, das laut amtlicher Prüfung den Schall zu 98% dämpft und auch nachträgliche Anwendung einfachst ermöglicht.»[27] Daneben gehörten «Asphaltkonit», eine Korkplatte in Spezialpressung für Stützen und tragende Wände, und das «Antiphon»-Einlegelement aus Korkschrot und bitumierter Pappe für Betonböden zur Produktpalette der Emil Zorn AG. Dabei ist hier anzumerken, dass der Markenname «Antiphon» offenbar nicht geschützt

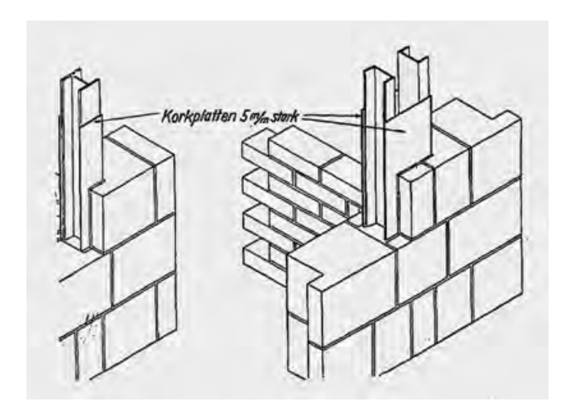



3.13 «Stahl überall», «Stahl erlaubt kühnste Gestaltungen», «Stahl ist die Grundlage für wirtschaftliches Bauen» textete die Beratungsstelle für Stahlverwendung Düsseldorf-Stahlhof in der Zwischenkriegszeit.

3.14 Der interessanteste Bau für akustische Untersuchungen in der Reichsforschungssiedlung war die Bauzeile am Haselhorster Damm in Skelettbauweise. Baustellenbild vom November 1930.

3.15 Hohlkörpersteine und Korkplatten ummantelten das filigrane Stahlskelett, in das in freier Gestaltung Ziegelwände und Fensteröffnungen gesetzt werden konnten. Baustellenbild aus dem Winter 1930/31.






3.16 Die in der Reichsforschungssiedlung Haselhorst in Berlin-Spandau getestete Körperschalldämmung am Stahlskelettbau. Abbildung aus dem Forschungsbericht des Instituts für Schwingungsforschung in der ersten Ausgabe der *Akustischen Zeitschrift* von 1936.




3.17 «Schallsichere Wände mit ‘Absorbit’». Werbeanzeige für Bitumenisolierplatten der Emil Zorn AG in der firmeneigenen Zeitschrift *Die Schalltechnik*, 1929.

war, hiess so doch auch ein medizinischer Ohrschutz aus Hartgummikugeln, die zwecks «Unhörbarmachens von Tönen und Geräuschen» ins Ohr gesteckt wurden.[28]

Die lauter werdenden Ruheforderungen steigerten letztlich die Nachfrage nach Schalldämmungen. So nimmt es nicht wunder, dass die Emil Zorn AG in ihrer Zeitschrift nicht nur ihre Produkte «Absorbit», «Asphaltkonit» oder «Antiphon» bewarb, sondern sich gleichzeitig auch für die Antilärmbewegung stark machte. Gegen Schall und Vibrationen wurden dabei immer wieder auch ökonomische Argumente vorgebracht. Neben Gesundheit und Komfort werde die Lebensdauer der Gebäude durch zusätzliche Dämmschichten aus Bitumen verbessert, versprach 1932 etwa das von der Arbeitsgemeinschaft der Bitumenindustrie herausgegebene Magazin *Bitumen*. Der Autor des *Bitumen*-Beitrags, Karl Plümecke (1903–1994), später langjähriger Direktor des Zentralverbands der Deutschen Baugewerbes, mahnte hier, dass die modernen Verkehrsgeräusche «nicht nur die Nerven der Bewohner der anliegenden Häuser beanspruchen, sondern auch den Bestand der Gebäude gefährden können.»[29] In Zusammenarbeit mit dem Heinrich-Hertz-Institut in Berlin, dem Institut für Schall- und Wärmeforschung der Technischen Hochschule Stuttgart und dem Materialprüfungsamt der Technischen Hochschule München seien, wie Plümecke erläuterte, diverse Materialverbindungen

entwickelt und geprüft worden, unter anderem Kombinationen von Teeranstrichen und -vermengungen mit Seegras, Kokosfaser, sterilisiertem Stroh, Wollfilz und Kork. Explizit wandte sich der Autor dabei an den «moderne[n] Architekt[en], der bestrebt ist, mit den zweckdienlichsten und wirtschaftlichsten Mitteln und Baumethoden, die ihm die moderne Technik bietet, sein sachliches Ziel zu erreichen».[30] Schliesslich waren es die Leichtbaukonstruktionen, welche für ihre Hellhörigkeit in die Kritik geraten waren. Die Schalldämmprodukte sollten vor den Geräuschen des Verkehrs, der Nachbarn und der Hausinstallationen schützen. Zugleich sollten sie so fest und beständig sein, dass sie unter dem Gewicht der Baukonstruktion und während der Lebensdauer der Gebäude weder zusammenfielen noch spröde wurden.

Der Blick war gleichwohl nach Übersee gerichtet, wo Baustoffe in geradezu alchemistischen Prozessen kombiniert wurden. Der früheste bekannte Antrag auf ein US-amerikanisches Patent für eine Mischung schallabsorbierender Materialien war am 30. September 1919 eingereicht und am 16. März 1920 freigegeben worden; das erste Patent für die architekturspezifische Anwendung gepresster Fasermaterialien wurde am 15. September 1925 erteilt.[31] Über solche «[n]eue[n] amerikanische[n] Versuche» berichtete *Die Schalltechnik* bereits in ihrer ersten Ausgabe 1928, dass «z. B. Wände mit einem Bimssteinbelag, Filz, porösen Korksteinplatten, Schilf mit Bindemitteln, mit Bohrungen versehenen, leicht verkitteten Holzmehlplatten usw. überzogen» wurden. Dafür seien «Kohlensäure entwickelnde Gemische beim Auftragen des Wandputzes angewendet [worden], welche diesen aufblähen und porös machen.»[32] Kleine Mengen von Alaun oder schwefelsaurer Tonerde und ein Karbonat wie kohlensaurer Kalk oder gebrannter Gips hätten dann ein Trockengemisch ergeben, das einfach aufgetragen werden konnte. Die besten Resultate seien letzten Endes neben dem wegen seiner Feuerfestigkeit beliebten feinfaserigen Asbest von Gemischen mit gröberen Fasern und porösen Mineralien wie Kieselgur und Tuffstein erreicht worden.[33]

Traditionelle Baustoffe wie Gips wurden in den USA, wie Emily Thompson detailliert erläutert hat, durch die Beimischung von porösen Zusätzen modifiziert und als neuartige Produkte vermarktet.[34] Wie die deutschen Fabrikate «Absorbit» und «Antiphon» – und ihre Schweizer Pendants «Isolaphon» und «Arki» – trugen auch die amerikanischen Produkte klingende Namen wie «Acousti-Celotex», «Akoustolith», «Audicoustone Plaster», «Acousti-fibrobloc», «Sanacoustic Tile», «Sabinite», «Insulite» und «Insulite Acoustile».[35]

In Berlin-Haselhorst kam vermutlich das «Asphaltkonit» der Emil Zorn AG zum Einsatz. Im 1936 publizierten Forschungsbericht heisst es hierzu lobend: «Das Stahlskelett ist durch 5 mm starke Korkplatten von dem Füllmauerwerk getrennt und dadurch die Körperschalleitung erheblich herabgesetzt worden!»[36] Die dann dort vom Institut für Schwingungsforschung unternommenen Schallmessungen erwiesen sich, wie bereits angedeutet, als grosse logistische Herausforderung. Mit Hammerwerk, Schallplatten mit Heultönen in vier Frequenzbereichen, Zehn-Watt-Verstärkern, einem elektrodynamischen Lautsprecher und einem Geräuschmesser mit Kondensatormikrofon ausgestattet, erbaten sich die Akustiker Zutritt zu den privaten Wohn- und Schlafzimmern. Die Mühen der Physiker gingen dabei weit über das Technische hinaus. Allein die Terminvereinbarungen mit allen Bewohnerinnen und Bewohnern gestalteten sich äusserst aufwendig:

> Schon bei der Luft- und Trittschalluntersuchung in Haselhorst hatte es Schwierigkeiten gegeben, mit je zwei Mietern Meßzeiten zu vereinbaren. Bei den Körperschalluntersuchungen wurde es trotz eifrigster Bemühungen der Siedlungs- und Hausverwaltung nahezu zur Unmöglichkeit. Denn mit der Messung mußten sämtliche Mieter im Hause einverstanden sein, da ja möglichst für alle Stockwerke die Lautstärkeabnahme bestimmt werden sollte.[37]

Die Versuche waren überdies extrem laut, besonders als «nach 200maligem Abspielen» der Schallplatte die Töne in hohen Frequenzbereichen auch lauter wurden, bis die Hilfsmittel schliesslich ganz kaputtgingen. So «war dann die Schallplatte nicht mehr zu brauchen [sic], weil der Rand zwischen zwei Rillen an vielen Stellen weggebrochen war.»[38] Solche Luftschallmessungen, bei denen der Schall mit einem konstanten Heulton aus Lautsprechern erzeugt wurde, waren in den 1930er Jahren noch üblicher als Trittschallmessungen, welche die Bewohner zusätzlich mit über mehrere Stockwerke hörbaren Hammerschlägen quälten.

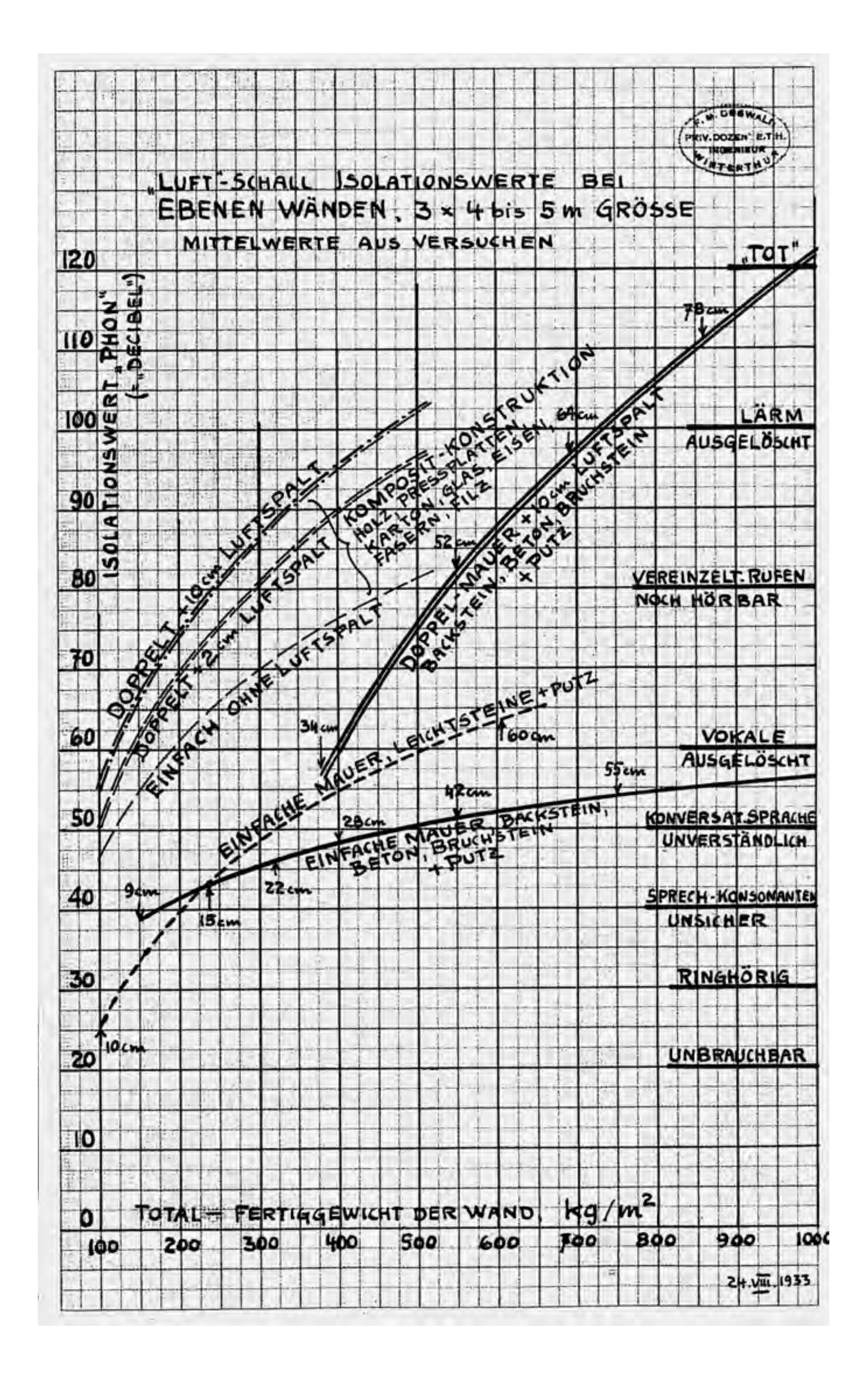
Was der Verfasser des Forschungsberichts der Messungen von Luft- und Trittschall von 1936 in wenigen Sätzen beschreibt, sind tage- und wochenlange Arbeiten und abendliche Überstunden mit lauten Heultönen und Klopfgeräuschen in längst bezogenen und eingerichteten Wohnbauten.[39] Schon die schiere Menge der Messungen, so zum Beispiel «etwa 60 mal die Körperschallabnahme pro Stockwerk», verdeutlicht bereits die Unsicherheit des Terrains, auf dem die Physiker sich bewegten, und die sie durch wiederholte Versuche zu reduzieren versuchten. Die unterschied-

lichen Einrichtungen der Wohnungen erschwerten es darüber hinaus, aussagekräftige Messergebnisse zu erzielen. Dies illustrierte der Verfasser mit einem Diagramm der «Schallschluckung von Wohnräumen», das die Raumarten einander gegenüberstellte: Während in den Leerzimmern und Badezimmern die «gemessenen Schallschluckflächen» einen Mittelwert von nur 4 erreichten, waren die Werte bei Küchen (8,6), Büros (15), und Wohnzimmern (17) höher. Die grösste Streuung und den höchsten Mittelwert erreichten die Schlafzimmer (36).[40] Letztlich wurde dann nur in Küchen und Wohnzimmern gemessen, da in den kleinen Schlafräumen, in denen kaum mehr als ein Doppelbett Platz fand, das Hammerwerk gar nicht aufgestellt werden konnte.[41] In den auf Funktionalität und Ökonomie ausgelegten Wohnungen der Siedlung lagen die Schlafräume im Normalfall übereinander, womit begründet wurde, dass hier die Tests wegen den geringeren Störungen weniger dringend wären als in anderen Räumen.

Ziel war es unter anderem, aufgrund der ermittelten Schallmesswerte die Richtlinien für Bauprüfungsverfahren in verbindliche Grenzwerte zu fassen. Und wie bereits erläutert, sollte genau dies zwei Jahre später auch geschehen: In der 1938 überarbeiteten Fassung der DIN 4110 «Technischen Bestimmungen für Zulassung neuer Bauweisen» wurde von den neuen Bautechniken das Einhalten absoluter Grenzwerte verlangt, nämlich für Luftschall je nach Frequenz eine mittlere Dämmzahl zwischen 42 und 54 Dezibel und für Trittschall maximal 85 Phon.[42]

Die Periode, in der die Baumaterialforschung auf der Suche nach möglichst viel Absorption über poröse Oberflächen war, hatte in den 1920er Jahren ihren Höhepunkt bereits erreicht. Danach gab es nur noch wenig Neues zu entdecken. Oder wie Vivian L. Chrisler 1935 resümierte: «From the standpoint of sound absorption there was not enough difference to be of any practical importance.»[43] Ob Kalkverputz oder zementbasierter Gipsverputz – die gemessenen Unterschiede waren Chrisler zufolge so minimal, dass sie vernachlässigbar seien. Das Interesse hatte sich auf das Gesamtsystem der Konstruktion verschoben.

Auch in Franz Max Osswalds Vorlesung an der ETH Zürich waren die verschiedenen Konstruktionsaufbauten Thema, und auch hier standen nicht die einzelnen Baustoffe, sondern vielmehr die Art und Anzahl der Schichten im Zentrum einer in seinen Vorlesungsunterlagen abgelegten diagrammatischen Übersicht. Auf der x-Achse wurde das Wandgewicht und auf der y-Achse der Isolationswert abgebildet. Es waren allerdings neben der Masse vor allem die Dämm- und Luftschichten, welche die Kurven in die Höhe trieben. Eine über 78 Zentimeter starke «Doppel-Mauer + 10 cm




3.18 Versuche zu Isolationswerten von Wänden fokussierten weniger auf einzelne Materialien als auf die Gesamtkonstruktion aus mehreren Schichten. Beiblatt zu Osswalds Vorlesung für die Architekturstudentinnen und -studenten der ETH Zürich, Wintersemester 1932/33.

Luftspalt» erreichte sogar die Kategorie «tot», bei über 64 Zentimetern war der «Lärm ausgelöscht» und darunter wäre «vereinzelt Rufen noch hörbar». Die einfache Ziegelmauer von 38 Zentimetern, welche in der DIN 4110 von 1938 als Vergleichbauweise die Minimalanforderung darstellte, rangierte in Osswalds Diagramm je nach Gewicht der Steine unter «Konversat[ions] sprache unverständlich» und «Vokale ausgelöscht» (Abb. 3.18).[44]

Die Praxis stellte die Theorien, wie sie im physikalischen Laboratorium entwickelt worden waren, zweifelsohne auf die Probe. Bruno Latour thematisierte das Paradox der Reduktion von Realität auf die Bedingungen der «Künstlichkeit der Laborumgebung» als Kern moderner Wissenschaft. Um die Macht, die die Forscher im Laboratorium gewonnen hatten, zu behalten, sei eine Projektion der Bedingungen von innen nach aussen nötig.[45] Würden Versuche ausserhalb des Labors wiederholt, folgten sie doch weiterhin der im Labor geltenden Logik. Die «Autonomie der innerhalb der Laborwände 'gemachten' Entität» wurde also auf zwei grundsätzlich unterschiedliche Bedingungen angewendet.[46] Obwohl die Methode der Messung auf einer grösstmöglichen Objektivierung der akustischen Situation basierte, trafen die Forscher in der realen Situation am bewohnten Bau auf variierende und instabile Faktoren. Die bauakustischen Versuche in Haselhorst bestätigten diese Thesen und erzählten von der Logik des Labors, wie sie sich ausserhalb der Labormauern mit dem Alltag der Bewohnerinnen und Bewohner vermischte.

«Amplified, shielded, channeled, prosthetized, simulated, stimulated, irritated – our sensorium is more mediated today than ever before». Die Kunsthistorikerin Caroline A. Jones ergänzte Latours Beobachtung des Transfers mit einem feedbackartigen Effekt der Objektivierung, dass diese nämlich die Wahrnehmung nicht eliminierte, sondern vielmehr durch die Anwesenheit von Medien wie Messgeräten und Vorschriften intensiviert würde.[47] Die technische Kontrollierbarkeit dämmte also die Sensibilität gegenüber Geräuschen nicht ein, sondern prägte sie vielmehr weiter aus.

### Der Poch-Variator und das Vergleichshammerwerk (1935/1956)

Anders als die meisten Akustiker, die Automatisierung und Standardisierung begrüssten, hielt Franz Max Osswald in Zürich ungerührt an der Hörschwelle als Teil des Messvorgangs fest. Als 1937 in Paris auf der I. Internationalen Akustischen Konferenz ein Standard für das menschliche Hörfeld gesetzt wurde, diskutierte Osswald dies anschliessend in einem Fachbeitrag in der *Schweizerischen Bauzeitung (SBZ)*. Unter dem Titel «Decibel, Phon – Dauerton und Stärkstimpulse» beschrieb er den neuen Standard der Hörwahr-

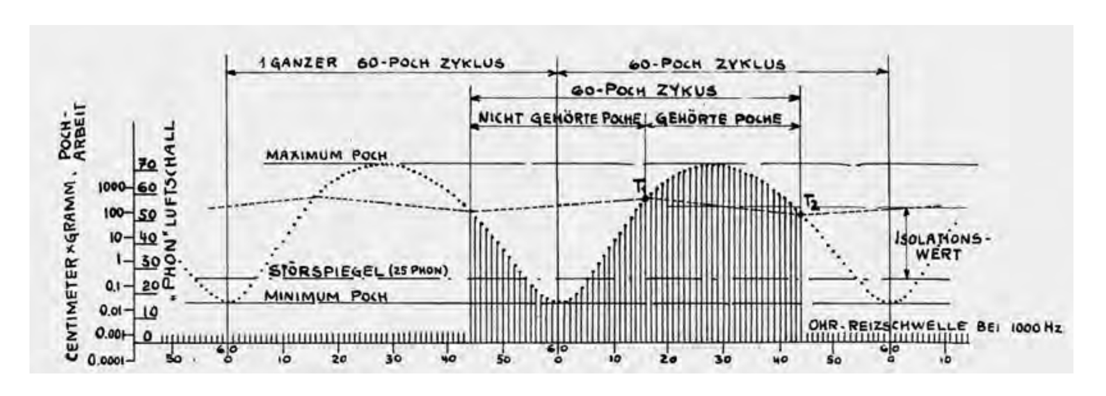
nehmung – allerdings ohne die Verlässlichkeit des menschlichen Gehörs anzuzweifeln.[48]

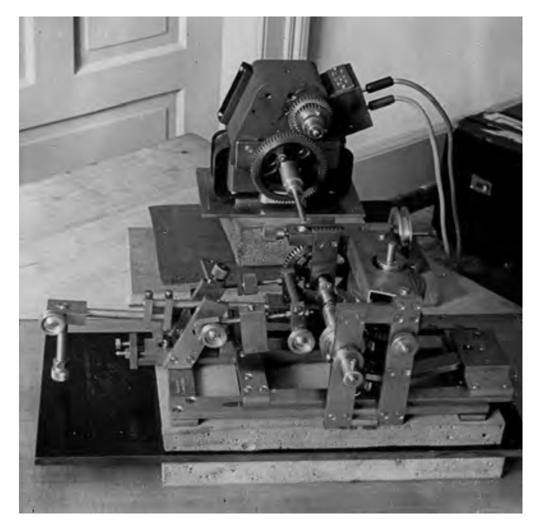
Chrisler und Snyder begründeten ihre Entscheidung, alle Messungen mit gerätetechnischen Methoden durchzuführen, damit, dass über das Gehör noch zu wenig bekannt sei: «The ear has a regulating or protecting mechanism whose nature is not fully understood».[49] Osswald hingegen versuchte den Spagat zwischen traditionellen und modernen Überzeugungen und kreierte eine Science-Fiction, in der die Wahrnehmung so gut erforscht sein werde, dass sie in akustischen Versuchen als Instrument (wieder) eingesetzt werden könne.

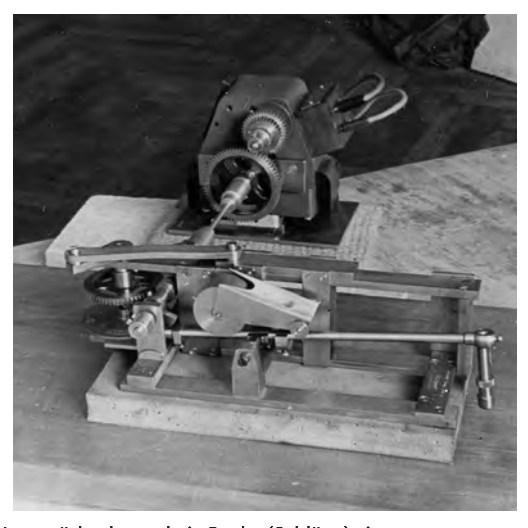
Zwei Jahre vor seiner Beschäftigung mit den Festlegungen der Pariser Konferenz in der *SBZ* hatte Osswald ein eigenes Gerät entwickelt, das die Überbrückung zwischen moderner Objektivierung, Präzisierung und dem praktischen und praxisorientierten Rückgriff auf die einfache Hörwahrnehmung wagte. Im März 1935 – ungefähr zur gleichen Zeit also, als Chrisler und Snyder am National Bureau of Standards längst die Automatisierung der Messung feierten – verfasste Osswald ein zehnseitiges Manuskript, in dem er sein spezielles Hammerwerk als «Dauerschallquelle», «Pochinstrument», «variabeln [sic] Pocher» und «Poch-Variator» beschrieb, ein Instrument, das abwechselnd in hörbarer und in nicht merklicher Lautstärke schlug.[50] Während einer Sequenz von 60 Schlägen über 2,5 Minuten wurde der Apparat in einem automatisierten Ablauf zunächst lauter, dann nahm die Lautstärke wieder ab (Abb. 3.19–3.21).

Der auf dem Manuskript basierende Aufsatz zur Diskrepanz zwischen Dezibelmesswerten und der Hörerfahrung wurde im April 1936 im weltweit wichtigsten Fachorgan, dem *JASA*, veröffentlicht. Dank der «konstanten Reizschwelle», heisst es in dem «Method for Measuring Sound Isolation, in Particular of Impact Sound» übertitelten Beitrag, sei das menschliche Ohr ein wunderbares Instrument für akustische Messungen:

> Reliable sound sources are available, also numerous metering devices, with absolute scale indication and with ear correction, but all physical receivers are subjected to local stationary and moving sound patterns which are extremely difficult to eliminate. Such physical measurements can be in serious discrepancy with aural ratings. […] It is necessary only that the «threshold» of the detecting instrument be constant.
>
> Nature has provided a wonderful threshold instrument, the human ear.[51]





3.19 Zwischen der minimalen und der maximalen Lautstärke der sechzig Poche (Schläge) eines Zyklus wurden die gehörten und die nicht gehörten Poche gezählt. Zeichnung aus Osswalds unveröffentlichtem Manuskript von 1935.

3.20, 3.21 Der «Poch-Variator», wie Osswald seine eigene Weiterentwicklung des Hammerwerks nannte, war in erster Linie ein Luftschallerzeuger, in vereinfachter Konstruktion auch ein Körperschallerzeuger. Fotografien aus Osswalds unveröffentlichtem Manuskript von 1935.

Osswalds Poch-Variator stellte die Funktionsweise der Trittschallmessung auf den Kopf, denn nicht der Messwert, sondern der Impuls war variabel. Um zu bestimmen, wann dieser variable Impuls von oben, aus dem darüberliegenden Raum, noch wahrnehmbar war, schlug Osswald vor, das zu benutzen, was der Mensch ohnehin mit sich herumträgt, nämlich die Hörschwelle, die mit 0 Dezibel festgelegt worden war.

Seine Weiterentwicklung des Hammerwerks als variable Messtechnik richtete sich an die Praxis, die einfach bedienbare und leicht transportierbare Geräte verlangte. Durch einen einfachen Umbau konnte der Poch-Variator für Körperschall- wie für Luftschallversuche eingesetzt werden. Für Letzteres schlug der Hammer nicht auf eine Platte oder den Boden, sondern auf ein

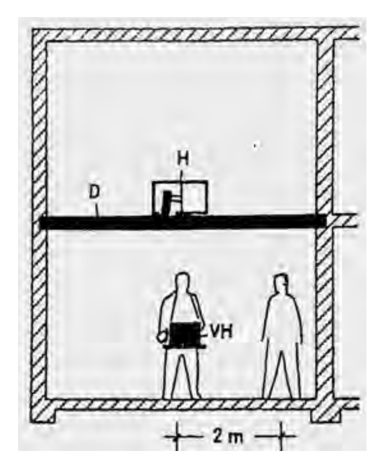
Stück Metall. Im ausführlicheren deutschen Originalmanuskript betonte Osswald die Vorteile der einfachen Handhabbarkeit zusammenfassend so:

> Diese Messmethode mit dem Poch-Variator zeichnet sich aus durch die Natürlichkeit und Unparteilichkeit der Beobachtungen. Das Instrument ist leicht und fast überall applizierbar. An Stelle der teuern, nachprüfnötigen, dem Laien unkontrollierbaren Messgeräte tritt das billige Ohr samt gesundem Menschenverstand.[52]

Dass Osswalds Ausführungen zum Poch-Variator zur Veröffentlichung im *JASA* angenommen wurden, lässt darauf schliessen, dass sein Plädoyer für «das billige Ohr» auf der anderen Seite des Atlantiks durchaus auf Sympathie gestossen sein muss. In den Vereinigten Staaten, wo die automatisierte Beurteilung um 1935 eine Selbstverständlichkeit war, mag das Interesse an Alternativen grösser gewesen sein als im deutschsprachigen Raum – das deutsche Manuskript blieb ungedruckt. Hier konnte Osswald lediglich, anlässlich einer Präsentation seines Laboratoriums 1938 in der *SBZ*, ein Bild des «Poch-Variator[s], in Eichaufstellung mit Piezoquarz-Impaktmesser» unterbringen.[53]

Der Poch-Variator wurde in der amerikanischen Übersetzung zum «pounder instrument», die Anordnung pries Osswald als «an improvement of the old method of dropping weights from different heights» an.[54] Auch in den 1930er Jahren wurde diese nebst anderen früheren Testmethoden noch angewendet, um zu bestimmen, bei welcher Fallhöhe der Ton im darunterliegenden Raum nicht mehr hörbar, das heisst, die Reizschwelle des menschlichen Gehörs unterschritten war.[55] Osswalds Poch-Variator oder «pounder instrument» war also lediglich eine Optimierung bestehender Techniken. Nicht die grösstmögliche Präzision und nicht die von der Wahrnehmung bereinigte Objektivität, sondern die einfache Anwendbarkeit in der Baupraxis lieferte Osswald sein wichtigstes Argument für sein Gerät zur Beurteilung des Trittschalls. Er verliess sich trotz seines fortgeschrittenen Alters auf sein geschultes Ohr. Das Vertrauen in die Hörwahrnehmung als Instanz messtechnischer Beurteilung begründete er dementsprechend empirisch: «Observations can be made at the time by a number of persons as practical experience has proved, and with remarkable concordance and precision so that the observations are of convincing impartiality.»[56]

Osswalds Erfindung geriet vermutlich bald in Vergessenheit, zumindest sind weder Anwendungen noch Referenzen dokumentiert. Die Idee allerdings, die Hörschwelle in eine einfach durchführbare Trittschallmes-







3.22 1956 entwickelte Lothar Cremers eine praxisorientierte Methode, bei der ein Paar hörende Ohren abschätzen sollten, wann das Normhammerwerk im darüberliegenden Raum gleich laut sei wie das Vergleichshammerwerk.

3.23 Kreismuster illustrieren, wie das menschliche Ohr die Lautstärken von Norm- und Vergleichshammerwerk im Vergleich wahrnahm. Ganzseitige Illustration aus der vom deutschen Bundeswohnungsbauministerium 1957 herausgegebenen Broschüre *Baut ruhige Wohnungen*.

sung miteinzubeziehen, tauchte 1956 in an der Technischen Universität Berlin wieder auf, als unter der Leitung von Lothar Cremer das «Vergleichshammerwerk» entwickelt wurde (Abb. 3.22, 3.23). Bemerkenswert ist hieran, dass Cremer zur gleichen Zeit am berühmtesten Musiksaal Berlins arbeitete: als Berater von Hans Scharoun (1893–1972) im Zuge des 1956 ausgeschriebenen Wettbewerbs für die Berliner Philharmonie. Scharoun gewann bekanntlich den Wettbewerb, womit Cremers Name fortan auch Architekten ein Begriff war. Der Ausdruck «Musik im Zentrum» war hier nicht nur eine Metapher, sondern wurde bei der Planung der Konzertsaalakustik wörtlich genommen und räumlich umgesetzt.[57]

Besonders interessant ist in diesem Zusammenhang, wie die Naturmechanismen immer wieder Eingang in die objektivierten Argumentationsführungen fanden. So wurde in die Landschaftsplanungen für Westberlin auch die erhoffte lärmdämpfende Wirkung von Bäumen einbezogen. Für das

Kulturforum bedeutete der umliegende Park eine Beruhigung, indem eine Pufferzone zur städtischen Aktivität geschaffen wurde – so jedenfalls hatten es Hans Scharoun und Lothar Cremer in ihren Planungen mitgedacht.[58] Wurden in den 1920er Jahren verschiedene Gipsbaustoffe und Faserplatten verglichen, testeten Akustiker und Botaniker nun das Blätterwerk, das «artspezifische Lärmminderungsvermögen» von Bäumen und Büschen, die Vielfalt der Baumarten, die mit ihren jeweils unterschiedlichen Kronen- und Blattformen den Schall jeweils etwas anders reflektierten.[59]

Und auch das naturgegebene menschliche Ohr taucht nach Osswalds Erfindung von 1935 gut zwanzig Jahre später in Berlin wieder als Teil einer Messmethode auf. Cremer und seine Mitarbeiter Manfred Heckl und Heinz Westphal entwickelten mit dem Vergleichshammerwerk ein «[e]infaches Gerät zur Abschätzung des Trittschallschutzes», wie sie es im Folgejahr 1957 im Titel ihrer Beschreibung im *Bundesbaublatt* nannten. Statt die Präzision der Laboratoriumsversuche weiter zu verbessern, hatten sie dabei an die Probleme in der Praxis gedacht, wo oft ohne Stromanschluss oder Aufzug für schwere Apparaturen gemessen werden musste. Sie verwiesen zu Beginn ihres Aufsatzes mehrmals auf Schallprobleme infolge von Ausführungsfehlern. Das Zielpublikum des Apparats waren die «Bauausführenden», die damit die Möglichkeit haben sollten, die Schallisolierung ohne Kabel oder aufwendige Messgeräte auf Baustellen zu testen:

> Selbstverständlich kann diese Art der Deckenprüfung nicht die Messung des Trittschallverhaltens nach DIN 52 210 ersetzen, dazu sind die subjektiven Urteile über Lautstärkeunterschiede zu unsicher. Die Messung nach DIN 52 210 ist unumgänglich bei der Entscheidung, ob eine neuartige Deckenkonstruktion zugelassen werden soll oder nicht, oder wenn es sich z. B. um einen Rechtsstreit handelt. Dagegen kann das Vergleichshammerwerk dann sehr gute Dienste leisten, wenn es sich um eine schnelle Abnahmeprüfung vieler Decken handelt, bei der es auf eine Ungenauigkeit von ± 2 dB nicht so sehr ankommt. Man kann damit auch alle diejenigen Decken finden, bei denen durch Verlegefehler die Schalldämmung sehr verringert wurde.[60]

Dieser Praxisbezug für einen Messvorgang war insofern ungewöhnlich und auch mutig, als die Berliner Akustiker die Logik des Laboratoriums übergingen und die alltäglichen Umstände als Referenz nahmen. Das Vergleichshammerwerk war – wie der Poch-Variator – eine dosierbare Luft-

schallquelle und konnte auf den Boden gestellt werden. Es war kompakt in einer Kiste verstaut und mit einer Halsschlaufe und einem Tragegriff ausgestattet. Mit 12 Kilogramm (für das Vergleichshammerwerk) und 15 Kilogramm (für das Normhammerwerk) waren die beiden Apparate im Gegensatz zu den anderen Hammerwerken relativ einfach zu transportieren. Wie das dazugehörige und ebenfalls kurbelbetriebene Normhammerwerk benötigte das Vergleichshammerwerk keinen elektrischen Antrieb, und der Trittschall konnte damit in jedem zu Fuss erreichbaren Raum durch das menschliche Gehör beurteilt werden. Das Vergleichshammerwerk konnte für 380 D-Mark erworben werden, das Normhammerwerk kostete 450 D-Mark.[61]

Dass das Vergleichshammerwerk nicht die Spezialisten, sondern Architekten und alle an der Bauausführung beteiligten Fachleute erreichen sollte, zeigt auch die bereits erwähnte Informationsbroschüre *Baut ruhige Wohnungen*, die Anfang 1957 in hoher Auflage vom Bundesministerium für Wohnungsbau herausgegeben wurde (siehe Abb. 2.09). Prominent ist hier schon auf der ersten Doppelseite das Vergleichshammerwerk abgebildet. In blau gesetzter Schrift kündigte der mit der Broschüre betraute Ministerialdirigent Wedler nach seiner klaren Ansage «Es gibt keine Entschuldigung» an:

> In absehbarer Zeit werden sie [die Baupolizeibehörden] mit dem auf Seite 3 dargestellten einfachen Prüfgerät ausgerüstet sein, mit dem sie die Einhaltung des vorgeschriebenen Trittschallschutzes mit einer für die Praxis ausreichenden Genauigkeit akustisch nachprüfen und auch die Lage von Fehlerstellen (Schallbrücken) feststellen können, und zwar durch Vergleiche des durch die Decke dringenden Geräusches des Norm-Hammerwerks mit dem Geräusch des Vergleichs-Hammerwerks, das von Prof. Dr.-Ing. Cremer, Berlin, entwickelt wurde.[62]

Die Broschüre erklärte dann noch genauer, wie mit Hilfe des Vergleichshammerwerks festgestellt werden konnte, ob die Mindestanforderungen an den Schallschutz eingehalten waren. Aus dem Vergleich der Lautstärke der Hammerschläge im oberen Geschoss und der Schläge dieses zweiten Apparats im Raum darunter ergab sich sodann die Beurteilung:

> Ist das Geräusch, das die Decke unter den Schlägen des Norm-Hammerwerks abstrahlt, lauter als das vom Vergleichs-Hammerwerk erzeugte, so reicht die Trittschalldämmung der Decke nicht aus. Sind

> beide Geräusche gleich laut, so reicht die Decke gerade aus, ist das von ihr abgestrahlte Geräusch leiser, so ist die Trittschalldämmung der Decke besser als baupolizeilich verlangt wird.[63]

Wedler betonte den Praxisbezug und die einfache Anwendung, womit «diese Geräte [...] auch in der Hand des bauleitenden Architekten ein wertvolles Mittel zur Nachprüfung des Schallschutzes und Feststellung von Ausführungsfehlern» seien.[64]

Das Wohnungsbauministerium hatte wohl eine Alternative zu den zwar präziseren, aber schweren und teuren Messgeräten im Labor gesucht. Lothar Cremer und seine Mitarbeiter an der TU Berlin entwickelten mit dem Vergleichshammerwerk eben genau einen solchen Apparat, der im Gegensatz zu früheren Geräten beweglich war und keine langwierigen Auswertungen erforderlich machte. Dennoch blieb das Verfahren mit einem gewissen Aufwand verbunden. Wie in einer später veröffentlichten Darstellung genauer erklärt wird, waren zwei bis drei Personen nötig, um eine Messung mit einem Vergleichshammerwerk durchzuführen:

> Eine Person, die das Vergleichshammerwerk im Empfangsraum betätigt, eine Person, die im Abstand von 2 m vom Vergleichshammerwerk im Empfangsraum den Lautstärkevergleich vornimmt, und unter Umständen eine dritte Person, die beim Fehlen eines elektrischen Antriebs oder Anschlusses das Normhammerwerk auf der zu untersuchenden Decke betätigt.[65]

Für Wedler indes überwogen die Vorteile. Wie er in der Broschüre *Baut ruhige Wohnungen* betonte, erlaube die Möglichkeit, unmittelbar vor Ort eine Bewertung vorzunehmen, nicht zuletzt die «Abwehr übertriebener Forderungen der Bauherren und Mieter». Dem Apparat wurde damit nicht nur eine beurteilende, sondern sogar eine schlichtende Funktion zugeschrieben. An dieser Stelle liess es sich Wedler auch nicht nehmen, die in der Praxis zu beobachtenden Exzesse der Lärmstreitigkeiten zu kommentieren. So hielt er fest, es handle «sich beim Schallschutz um eine Dämmung und nicht um eine vollständige Absperrung des Schalldurchgangs durch Wohnungstrennwände und -decken».[66]

Ebenfalls 1957 publizierte Wedler in der *Bauwelt* eine Übersicht über neue Bestimmungen, in der er bereits vermerkte, dass sich für die Prüfung der Trittschalldämmung im Bau das von Cremer entwickelte Vergleichshammerwerk «bewährt» habe, «das zusammen mit dem Normen-

hammerwerk auch Baufachleuten gestattet, mit ausreichender Genauigkeit nach dem Gehör nachzuprüfen, ob die Trittschalldämmung ausreicht».[67] Auch in der 23. Auflage seines Standardwerks *Berechnungsgrundlagen für Bauten* von 1959 verwies Wedler auf das «Vergleichs-Hammerwerk (VH) von Prof. Dr.-Ing. Cremer, Berlin».[68] Cremers Name bürgte für die Exzellenz der akustischen Expertise, die sich mit der Hinzunahme des Ohrs ja eigentlich in vages Terrain begeben hatte. Dieser wiederum zeigte sich mit einer eigenhändigen Widmung in seinem 1961 veröffentlichten Band *Statistische Raumakustik* erkenntlich: «Herrn Prof. Dr. Ing. E. h. Bernhard Wedler mit verbindlichem Dank für seine Förderung der bauakustischen Forschung in aufrichtiger Verehrung überreicht vom Verfasser, 1.8.1961.»[69]

Trotz der Kampagnen, das Vergleichshammerwerk zwischen 1956 und 1959 unter Architekten bekannt zu machen, scheint es im bauplanerischen Alltag kaum Fuss gefasst zu haben. Eine Studienarbeit von 1964 und eine vom Bundesbauminister in Auftrag gegebene Untersuchung von Cremer und seinem Doktoranden Matthias Hubert (1928–1993) aus dem Jahr 1967 zeigen zwar, dass der subjektive Vergleich zweier Geräusche noch lange nach der Objektivierung und Normierung in der akustischen Messtechnik auf Interesse stiess.[70] Die Schlussbemerkung im Bericht von 1967 deutet aber an, dass die Resultate der Vergleichsbeurteilung auch angezweifelt wurden. So gaben Hubert und Cremer zu bedenken, dass die Geräte durch den Gebrauch verschiedene Abnutzungserscheinungen aufwiesen, durch die sie entweder lauter oder leiser wurden.[71]

Vielleicht ist es aus all diesen Gründen auch nicht verwunderlich, dass sich keiner der befragten ehemaligen Mitarbeiter der Prüfstelle der TU Berlin an ein solches Vergleichshammerwerk erinnerte, wie es Lothar





3.24, 3.25 Das wahrscheinlich einzige erhaltene Exemplar eines Vergleichshammerwerks, entdeckt an der TU Berlin, 2015.

Cremer entwickelt und das Bundesbauministerium beworben hatte.[72] Das dort von der Autorin entdeckte Exemplar (Abb. 3.24, 3.25) scheint das einzige im deutschsprachigen Raum erhaltene Vergleichshammerwerk zu sein – und es funktioniert sogar noch![73] Dass dieses besondere Hammerwerk zur Erzeugung von Luftschall, das nur dem Vergleich mit einem Normhammerwerk dienen sollte, nach 1960 vielen genauso unnötig wie das geschulte Gehör eines Experten anmutete, ist auch deshalb plausibel, weil unterdessen portable Dezibelmeter zu erschwinglichen Preisen und mit kommoderem Gewicht auf den Markt gekommen waren.[74]

Wie verbreitet die Methode mit dem Vergleichshammerwerk schliesslich war, ob sie sich bewährte und ob eine negative Beurteilung durch das Ohr eines Bauausführenden Anlass genug war, um unter dem auf der Baustelle üblicherweise herrschenden Zeitdruck eine Bodenkonstruktion wieder aufzureissen und neu zu verlegen, kann aufgrund der vorhandenen Archivmaterialien nicht beantwortet werden. Mit grosser Wahrscheinlichkeit stand der Wunsch nach absoluter Sicherheit den Messmethoden sowohl mit dem Poch-Variator wie auch mit dem Vergleichshammerwerk im Weg. Die Hörschwelle liess sich nicht in das moderne Instrumentarium objektivierter Beurteilung integrieren. Akustische Fachleute gestanden ein, dass ihr «geschultes» Gehör unter anderem altersbedingt nicht immer gleich wahrnehme und auch die Erinnerung nicht immer verlässlich sei. So ermahnte 1955 *Die Schallmeßfibel für die Lärmbekämpfung* mit dem langen Untertitel «Eine Anleitung zur richtigen Verwendung von Luftschall- und Körperschall-Meßgeräten in der Praxis und zur sinngemäßen Beurteilung der Meßergebnisse, geschrieben für beruflich-technisch Interessierte oder Techniker, aber nicht für Spezialisten»:

> [So] kann und darf man sich auf das Ohr als menschliches Wahrnehmungsorgan für Schallvorgänge leider nicht allein verlassen, weil: einmal die Unterschiede von Mensch zu Mensch recht groß sein können; zum zweiten auch ein und derselbe Mensch zu verschiedenen Zeiten sehr verschieden urteilt; ferner, weil das menschliche Ohr keinen in Zahlen ausdrückbaren absoluten Beurteilungsmaßstab für Schallgrößen hat und endlich, weil es auch kein verläßliches Gedächtnis für die Art und Größe seiner Empfindung besitzt.[75]

Was Osswald mit dem Poch-Variator und Cremer mit dem Vergleichshammerwerk hinterfragten, war das unbeirrte Beharren auf einer Nachbildung der Natur mit den Mitteln der modernen Physik, die eben ja genau

«dadurch entstand, daß das Vermögen des menschlichen Sinnesapparats, Wirklichkeit zu vermitteln, in Frage gestellt wurde», wie Hannah Arendt schreibt. Dies, so Arendt weiter, «zeigt uns schließlich ein Universum, von dem wir nicht mehr wissen, als daß es in bestimmter Weise unsere Meßinstrumente affiziert; und das, was wir von unseren Apparaten ablesen können, sagt uns über die wirklichen Eigenschaften […] nicht mehr aus, als eine Telephonnummer von dem aussagt, der sich meldet, wenn wir sie wählen.»[76] Bezug nehmend auf Werner Heisenbergs *Naturbild der modernen Physik* von 1955 schliesst sie: «Anstatt mit objektiven Eigenschaften, mit anderen Worten, finden wir uns mit den von uns selbst erbauten Apparaten konfrontiert, und anstatt der Natur oder dem Universum begegnen 'wir gewissermaßen immer nur uns selbst'.»[77]

## Privatsphären in verdichteten Wohnweisen

> So werden die Wohnungen wie kleine Einfamilienhäuser, die voneinander völlig unabhängig sind, in das Gerippe des Baues eingesetzt, und zwar so, daß eine hervorragende Schallisolierung garantiert ist.[78]
>
> Le Corbusier, «Das moderne Wohnhochhaus», 1947/1948

Die Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg war nicht nur geprägt von zunehmenden Geräuschquellen in den einzelnen Haushalten, sondern auch vom erhöhten Bedürfnis nach Sicherheit und Privatheit. Privater Radioempfang, Grammophone und später Koffer-Plattenspieler erweiterten die akustische Präsenz der Nachbarn. Durch die «Vermehrung der Geräuschquellen innerhalb der Wohnungen vor allem durch die Verbreitung und die oft missbräuchliche Benutzung der Lautsprecher und bei der Unmöglichkeit, in den jetzigen kleinen Wohnungen den Geräuschen aus den Nachbarwohnungen durch Wechsel des Zimmers auszuweichen, ist ein ausreichender Schallschutz im Wohnungsbau zu einer der dringendsten Forderungen für die Erhaltung der Leistungsfähigkeit und Gesundheit der Bewohner und für die Aufrechterhaltung des Hausfriedens geworden», unterstrich beispielsweise das deutsche Bundesministerium für Wohnungsbau 1952 seine Anliegen.[79]

Element- und Leichtbauweisen, mehrgeschossige Häuser, dichtere Wohnformen, die zunehmende Ausstattung von Wohnungen mit modernen sanitären Installationen und Haushaltsapparaturen, der Lebensstil der Jazz-, Swing- und Boogie-Woogie-Generationen und Ansprüche an eine Privatsphäre sorgten dafür, dass das Thema Nachbarschaftslärm im 20. Jahrhundert zunehmend stärker dramatisiert wurde. Der Wandel der Konstruktionstypologien und Wohnformen vervielfachte die Möglichkeiten akustischer Störungen. Das Hochhaus etwa, seit der Nachkriegszeit nicht mehr nur kommerziell, sondern auch für das Wohnen genutzt, stellte Architekten und Planer schallisolationstechnisch vor grösste Herausforderungen.

### Leichtbauvisionen und Hellhörigkeit (um 1927)

In Deutschland wie in den Vereinigten Staaten wurden in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts verschiedentlich Versuche gemacht, Häuser wie Automobile und Flugzeuge aus fliessbandproduzierten Fertigteilen herzustellen. Bis ins Extrem trieb dies Richard Buckminster Fuller (1895–1983), der 1929 mit dem nur 2200 Kilogramm schweren «Dymaxion House» bereits in der Entwurfsphase Weltberühmtheit erlangte.[80] Die von einem zentralen Mast



**3.26 Richard Buckminster Fullers «Dymaxion Dewelling Machine» aus Aluminium und Kunststoff führte vor, wie leicht ein Haus sein könnte. Der Prototyp wurde 1945 in Wichita, Kansas, eingeweiht.**

herabgehängte, kapselförmige Wohneinheit wurde 1945 als Prototyp aus einer widerstandsfähigen Aluminiumverbindung konstruiert, welche für die Flugzeugindustrie entwickelt worden war (Abb. 3.26).[81] Fuller übertrug die fordistische Argumentation «cost per pound» von der Autoproduktion auf den Wohnungsbau und stellte so auch für die Architektur eine neue Mobilität in Aussicht. Die daraufhin 1965 von Reyner Banham (1922–1988) in dem Aufsatz «A Home is Not a House» aufgegriffene Frage «Madam, do you know what your house weighs?» gehört zur meistzitierten Rhetorik der Architekturgeschichte.[82]

Eine Vielfalt von Materialien und Experimenten, wo und in welchen Konstruktionsweisen diese eingesetzt werden könnten, führte mitunter zu spektakulären Raumkonstellationen mit privaten wie belebten, gedämpften wie resonanten Lautsphären. Die Räumlichkeiten der zwischen 1928 und 1932 in einem Pariser Hinterhof errichteten «Maison de Verre» von Pierre Chareau (1883–1950) und Bernard Bijvoet (1889–1979) waren beispielsweise als offene architektonische Komposition hinter einem Vorhang aus Glasbausteinen konzipiert, von aussen nicht einsehbar und in der Wirkung somit ganz privat. Innen allerdings präsentierte sich das Haus als eine theatralische Raumfolge, vom Erdgeschoss, wo der Besitzer eine fortschrittliche gynäkologische Praxis führte, bis zum Hauptwohnraum hinter dem Schleier aus Glasbausteinen. Zweigeschossige Räume, die das Haus mehrfach durchstiessen, wie der Hauptraum und der Untersuchungsraum, machten eine Schallisolierung sehr schwierig, wie der Bauherr und Arzt Jean Dalsace (1893–1970) selbst festhielt.[83] Zudem überspannte eine Galerie als Zugang zu den Schlafzimmern wie die blickgeschützte Empore einer Moschee die Länge des Hauptraums. Die Schallreflexionen wurden einzig vom Gummibodenbelag

gedämpft. Kenneth Frampton hielt hierzu fest, dass in der Maison de Verre Scheerbarts *Glasarchitektur* und überhaupt eine orientalische Atmosphäre anklinge.[84]

Anfangs war der einzige abgeschlossene und fensterlose Raum der Maison de Verre das gynäkologische Untersuchungszimmer. Was aber weder der Bauherr noch die Architekten bedacht hatten, war die fehlende Diskretion im ebenfalls offenen Büroraum des Hausherrn, weshalb kurz nach Fertigstellung ein bestehender Wandschrank in eine Telefonkabine umgebaut wurde.[85] Ob die exklusiven Metallarbeiten für die mechanischen Steuerungen der Türen und Lüftungsfenster und die luxuriösen sanitären Einrichten der Bidets und Badewannen akustisch bedacht wurden, ist zwar nicht dokumentiert. Diese wurden im Laufe der Zeit jedoch ebenfalls renoviert, um die dem Haus innewohnende Atmosphäre der Diskretion und Harmonie auch akustisch herzustellen.

Sparsamer, aber nicht minder interessiert an den neuen Element- und Leichtbauweisen entwarfen europäische Architekten zur gleichen Zeit am Weißenhof in Stuttgart. Das Programm für die Ausstellung *Die Wohnung* des Deutschen Werkbunds propagierte im Dezember 1926 die «Erprobung der von der Industrie bereits hergestellten neuen Materialien und der von den Ingenieuren vorgeschlagenen neuen Konstruktionen», insbesondere dem Montagetrockenbau sei grösste Aufmerksamkeit zuzuwenden.[86] In einem Tempo, das mit den Automobilherstellern Ford und Citroën den Vergleich suchte, entstanden in der sogenannten Weißenhofsiedlung nach den Entwürfen von 17 Architekten in 21 Wochen 21 Häuser mit insgesamt 63 Wohnungen, die dann nach der Ausstellung vom 23. Juli bis zum 31. Oktober 1927 vermietet wurden. Die Baumasse war bestmöglich minimiert: Bimshohlblocksteine wurden vermauert oder in Stahlbeton-Skeletttragstrukturen eingelegt, Ziegelhohlblocksteine vermauert, Wände durch Metallstützen ersetzt und teilweise nicht tragend in Leichtbauweise ausgeführt.

In dem vom Autor des Bebauungsplans und baukünstlerischen Oberleiter Ludwig Mies van der Rohe (1886–1969) entworfenen Wohnblock mit seinen 24 Geschosswohnungen, wo beispielsweise eine Wärmedämmung über das ausgefachte Stahlskelett gelegt worden war, wurden die Räume teilweise nur mit einem System aus flexiblen Sperrholztafeln getrennt.[87] «Der Skelettbau […] ermöglicht eine rationelle Herstellung und läßt der inneren Raumaufteilung jede Freiheit», erklärte Mies van der Rohe zu seinem Entwurfsziel.[88] So folgte er dem wirtschaftlichen und ästhetischen Programm, möglichst wenig Material zu verbrauchen. Dies hatte aber akusti-



3.27 «Der Raum öffnet und weitet sich nach allen Seiten, er verliert die mathematischen Grenzen», schrieb Alfred Roth über Le Corbusiers Wohnhäuser in der Stuttgarter Weissenhofsiedlung, und: «Le Corbusier liebt es, dem Haus die Erdenschwere und die Körperlichkeit zu nehmen.» An der Werkbund-Ausstellung *Die Wohnung* von 1927 wurden verschiedene Element- und Leichtbauweisen getestet.

sche Folgen, welche die Gegner des Neuen Bauens denn auch als generelle Kritik an den Leichtbauweisen vorbrachten.[89]

Der Beitrag von Le Corbusier (1887–1965) und seinem Partner und Cousin zweiten Grades Pierre Jeanneret (1896–1967) zur Weißenhofsiedlung bestand aus einem Doppel- und einem Einzelhaus, beide in Skelettbauweise mit Bimshohlblocksteinausmauerung und eingelegten Schilfrohrzellendecken.[90] Die Bauleitung verantwortete der junge Alfred Roth (1903–1998), der sich zehn Jahre später auch prominent zum Schallschutz äussern sollte. 1927 schrieb Roth über die Raumkonfiguration als «geistige» Struktur des Hauses: «Der Raum öffnet und weitet sich nach allen Seiten, er verliert die mathematischen Grenzen. Er wird erst durch den Bewohner.»[91]

Das Einzelhaus auf dem Weißenhof entsprach Le Corbusiers 1920 konzipierter «Maison Citrohan» (Abb. 3.27). Mit dem Namen wollte er einen Bezug zur Automobilindustrie, hier stellvertretend zum französischen Hersteller Citroën, schaffen, die ihre Produkte seriell in der Fabrik anfertigte:

> Mit anderen Worten, ein Haus wie ein Auto, entworfen und durchkonstruiert wie ein Omnibus oder eine Schiffskabine. [...] Man muß gegen das Haus von früher mit seiner Raumverschwendung angehen. Man muß [...] das Haus als Wohnmaschine oder als Werkzeug betrachten.[92]

Le Corbusier trieb sein Loblied auf Maschinen bei dieser Gelegenheit sogar noch weiter. Man brauche, so schrieb er, «ein Haus, das so praktisch ist wie

eine Schreibmaschine.»[93] Nun wurden jedoch auch die Schreibmaschinen, analog zu den Häusern, als zu laut kritisiert. In der Konsequenz wurden für Objekte aller Grössenordnungen – für Häuser, Flugzeuge, Telefonkabinen genauso wie für Büromaschinen – Schallisolationen entwickelt.

Die Schallreduktion von Nachbarschaftslärm in Wohnhäusern und von Flugzeugmotorenlärm zum Beispiel wurde dabei mitunter von den gleichen Fachleuten erforscht.[94] Während Richard Buckminster Fuller seine Vision eines superleichten Hauses propagierte, untersuchten etwa Chrisler und Snyder am National Bureau of Standards in Washington, D. C., parallel zur «Transmission of Sound Through Wall and Floor Structures» auch Möglichkeiten des «Soundproofing of Airplane Cabins». Im Flugzeugbau war es ja grundsätzlich eine Frage der Sicherheit, dass zwischen den Piloten – trotz dem Lärm der Motoren – Unterhaltungen möglich waren. Die Motorengeräusche im Inneren sollten leiser, aber das Flugzeug sollte dadurch weder schwerer noch träger werden:

> Though airplane noises are intense and there is a limit to the additional weight that a plane may carry, it has been found that by a comparatively moderate increase in weight the sound intensity in an airplane cabin can be reduced to a degree where conversation can easily be maintained.[95]

Ob Nachbarschaftslärm oder Flugzeugmotorenlärm, die Anforderungen gingen gleichwohl in allen Applikationen über den Schallschutz hinaus. Der «schallsichere Raum», wie ihn beispielsweise der Akustik- und Ultraschallspezialist Joseph Benedict Engl (1893–1942) schilderte, sollte nicht nur schalldichte Wände haben, sondern auch geräuscharm belichtet und belüftet werden.[96] Dichtigkeit, wie der Wärme- und Schallschutz sie verlangte, stand im Konflikt mit dem Bedürfnis nach frischer Luft und den dafür erforderlichen Öffnungen für die Luftzirkulation. Laute Lüftungsanlagen wiederum machten die Bemühungen um eine ruhige Raumatmosphäre zunichte.

Beiderseits des Atlantiks versprachen die neuen System- und Leichtbauweisen zwar Effizienz im Bauprozess, wie sie im Zuge der staatlich geförderten Wohnbauprogramme sowohl nach dem Ersten als auch nach dem Zweiten Weltkrieg gefragt war, denn die vorgefertigten Bauteile konnten einfach transportiert und schnell montiert werden. Es fehlte aber das Massengewicht der traditionell im Wohnungsbau verwendeten Backsteine und mehrschichtigen Bodenkonstruktionen, welches die Geräusche zwischen

den Räumen und Stockwerken dämpfte. Nun drangen die Töne fast ungebremst durch die leichten, dünnen Wände, hohlen Decken und unzähligen Schallbrücken zwischen den Fertigbauelementen.

«Bis zum ersten Weltkrieg herrschten im Wohnungsbau fast unbeschränkt die Bauarten des Mauerwerks aus Vollziegeln», resümierte Anfang der 1950er Jahre Bernhard Wedler. Nach dem Ende des Ersten Weltkrieges traten, so Wedler weiter, «an die Stelle dieser Bauarten im steigenden Masse leichtere und leichte Bauarten», die neben der ökonomischeren Bauweise mit weniger Material oft auch eine bessere Wärmedämmung boten. Die nutzbare Fläche wurde grösser und die Transportkosten für die Baustoffe gesenkt – aber: «Alles dies hat dazu geführt, dass die nach dem Ende des ersten Weltkrieges entstandenen Wohnungsbauten als hellhörig galten.»[97]

Während des Baubooms nach dem Zweiten Weltkrieg erlebte die Systembauweise in Form der sogenannt schweren Vorfabrikation eine weitere Modifikation. Diese sollte die Vorteile der Leichtbauweisen mit jenen der älteren, schweren Bauweisen verbinden. Der massive, rhythmische Ausdruck der einzelnen Elemente entsprach den ästhetischen Ansprüchen der Architekten, die Dämmung von Schall, Wärme und Feuerfestigkeit durch das hohe Materialgewicht den technischen Ansprüchen der Investoren und die Effizienz der seriellen Produktion deren ökonomischen Anforderungen.[98] In der Schweiz nahm die erste Fabrik 1958 die Produktion solcher schweren Bauteile auf, 1963 waren es bereits vier. Kein Wunder, schliesslich wurde in dieser Zeit knapp ein Viertel aller neuen Wohnungen in der Schweiz in schwerer Präfabrikation erstellt; im Ausland verzeichnete man einen noch höheren Anteil an dieser Bauweise, so in Amsterdam ein Anteil von 45 Prozent und in der südholländischen Kleinstadt Dordrecht 100 Prozent des Neuwohnungsbestands.[99] Die akustischen Vorteile der schweren Bauteile beschränkten sich aber auf die Luftschalldämmung. Der Körperschall wurde über die massiven Bauteile bestens übertragen, was bei den hier noch zu besprechenden Bauten auch zu dramatischen Planungskrisen führte.

In den 1980er Jahren merkte Marcel Meili zur Vorfabrikation allerdings auch an, dass es weniger die von den Architekten gesuchte «systematische Klarheit» als die Physik und Chemie der Materialien und die Optimierung der Arbeitsabläufe sei, welche die Bauindustrie interessiere.[100] Wie jede technische Norm blieb die standardisierte Elementbauweise eine Idee, die in den Konstruktionsdetails oft an den spezifischen Bedingungen scheiterte. Und vor allem die Vorfabrikation von schweren Bauteilen blieb «eine kurzlebige Episode», wie Franz Füeg rückblickend in einem Gespräch feststellte.[101]

## Isolierte Stahlskelette im Zürcher Doldertal (1935/1936)

Die Idee, Häuser systematisch und aus industriell produzierten Elementen zu bauen, wie Richard Buckminster Fuller es vorgeführt hatte, tauchte in der Architekturgeschichte immer wieder auf. Auch die vom Architekturhistoriker Sigfried Giedion (1888–1968) beauftragten dreigeschossigen Mehrfamilienhäuser im Zürcher Doldertal, die Alfred Roth gemeinsam mit seinem Cousin Emil Roth (1893–1980) und Marcel Breuer (1902–1981) in den Jahren 1935 und 1936 entworfen hatten,[102] sollten hinsichtlich des Komforts und insbesondere der Akustik einem freistehenden Einfamilienhaus in keiner Weise nachstehen (Abb. 3.28). Nur folgerichtig wurde in den zeitgenössischen Texten zu diesen weltweit publizierten Ikonen der neuen Schweizer Architektur der 1930er Jahre regelmässig auch prominent auf das Thema Akustik eingegangen. So widmete sich Alfred Roth unter der Überschrift «Technische Voraussetzungen für ein freies, ruhiges Wohnen» in einem am 23. Juli 1936 in der *Neuen Zürcher Zeitung* erschienenen Gastbeitrag im ausführlichsten Abschnitt der Schallisolation in den Doldertalhäusern und lobte die «geräuschlos spülenden Klosetts schwedischer Konstruktion».[103] Giedion selbst hatte das Thema bereits im Vorjahr anlässlich einer in Zürich und Basel veranstalteten Ausstellung aufgegriffen. In *weiterbauen*, dem unter Giedions Ägide produzierten Beiblatt der *SBZ*, wurde 1935 der zweiteilige Artikel «Das Bad von heute und gestern» veröffentlicht. Giedion bezichtigte in dem von ihm verfassten kurzen Abschnitt hauptsächlich die WC-Spülungen der Störung, «sobald mehrere Parteien in einem Hause wohnen»: «Einige der Hauptstörenfriede sind die mit dem Begriff des heutigen Komfort [sic] verbundenen Installationen, die Leitungen, die Apparate, die Hahnen und vor allem die W. C.»[104]



3.28 An den von Alfred und Emil Roth und Marcel Breuer entworfenen Doldertalhäusern sollte auch gezeigt werden, wie die Konstruktionsweisen des Neuen Bauens einen exzellenten Schallschutz garantieren können. Ansicht von Süden, Aufnahme aus dem Jahr 1936.

Während in der Schweiz die amerikanischen sanitären Anlagen als, wie Giedion schreibt, «Rolls Royces» der WC-Palette im öffentlichen und Mietwohnungsbau nicht in Frage kämen, gäbe es in Skandinavien, besonders in Schweden, für jede Mittelstands- oder Arbeiterwohnung geräuschlose Klosetts, die nicht mehr als andere Apparate kosten würden. Der kurze Text enthielt die Aufforderung an die Schweizer Hersteller, geräuschärmere Klosetts zu produzieren, selbstredend gleich mit. Es scheint allerdings, dass Giedions Wunsch nicht erfüllt wurde und stattdessen schwedische Fabrikate importiert wurden. Drei Jahre später beklagte jedenfalls auch Osswald, dass erst eine «energische Nachfrage nach lärmschwachen Fabrikaten» die Industrie zur Entwicklung von «geräuschschwächere[n] Maschinen, Installationsteile[n] und Arbeitsweisen» anhalten könne, sozusagen erst wenn «lärmende Fabrikate unverkäuflich werden».[105]

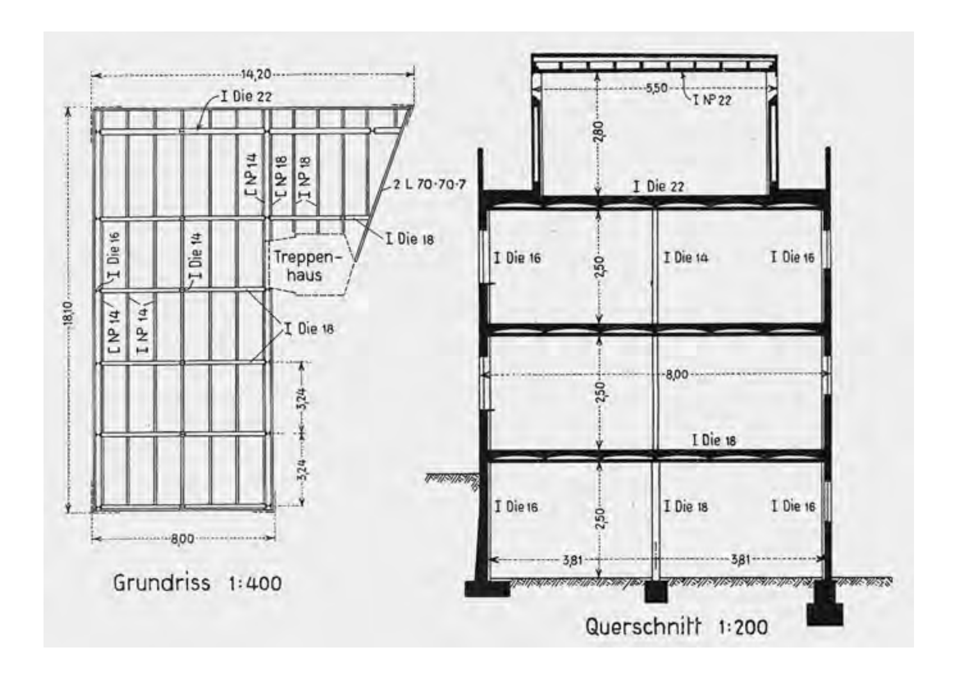
Den Apparaturen kam also um 1940 besondere Aufmerksamkeit zu. Moderne Architektur – wie sie Le Corbusier 1927 im Büchlein zu seinen beiden Wohnhäusern in der Weißenhofsiedlung unter «Cinq points de l'architecture moderne» («Fünf Punkte zu einer neuen Architektur») ausgelegt hatte – war definiert durch offengelegte Tragskelette («Pilotis» respektive «Pfosten»), nutzbare Flachdächer («Dachgärten»), offene und weite Räume («freie Grundrissgestaltung») sowie oft grosse, bandartige Öffnungen («Langfenster» und «freie Fassadengestaltung»).[106] Darüber hinaus aber waren der häusliche Komfort mit fliessendem Kalt- und Warmwasser, Belüftung, mechanischen Schliessvorrichtungen und weiteren haustechnischen Erfindungen von zentralem Interesse.

Indes hing die Akustik bei weitem nicht nur von den Apparaten ab. Zwei Monate nach Giedions Plädoyer für akustische Überlegungen in *weiterbauen* hoben die Architekten mit Blick auf die Doldertalhäuser in der Architektenzeitschrift *Werk* die Grundrissdisposition hervor, in der «schallreiche» und «ruhige» Räume auseinandergehalten sind.[107] Weiter war die Schallisolierung über den schweren Eisenstützen (Leichtprofil DIE 14) in drei Lagen konstruiert, nämlich zuerst 12 Millimeter starke Celotexplatten, darüber in Gips getränkte Jutestreifen und schliesslich ein Gipsverputz.

All diese Massnahmen zur Schallisolation erschienen dann unter den vier Prinzipien zur Schallisolation in der 1940 verbreiteten dreisprachigen Publikation *La Nouvelle Architecture. Présentée en 20 exemples/Die Neue Architektur. Dargestellt an 20 Beispielen/The New Architecture. Examinated on 20 Examples*, die von Alfred Roth herausgegeben wurde. Die Doldertalhäuser agierten hier als didaktisch eingesetzte Vorzeigebeispiele der internationalen modernen Architektur (Abb. 3.29, 3.30). Wie bei den anderen

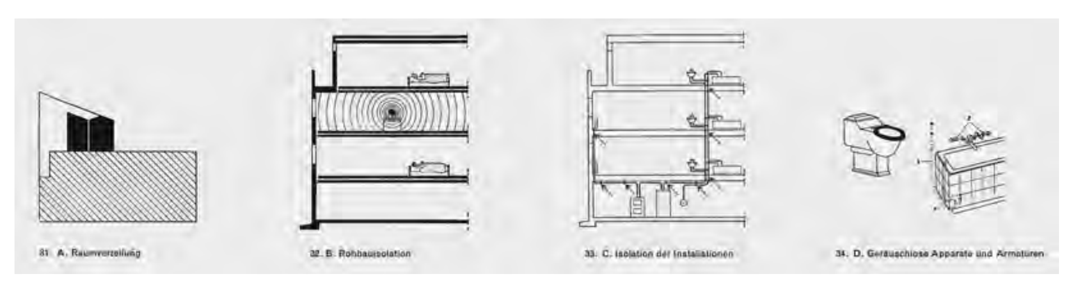


3.29, 3.30 Stahlskelettikonen: In dem von Alfred Roth 1940 herausgegebenen Band *Die Neue Architektur* wurden die unter anderem von ihm selbst entworfenen Doldertalhäuser als eines von zwanzig Vorzeigebeispielen der internationalen modernen Architektur präsentiert.




neunzehn Beispielen in Roths Programmschrift zum modernen Wohnungsbau in Europa und Amerika waren auch die zwölf Seiten zu den zwei Mehrfamilienhäusern mit grossformatigen Fotografien oder Planzeichnungen gefüllt – bis auf eine letzte, anders gestaltete Seite, die sich in drei Spalten und Sprachen ausschliesslich der «Schall-Isolation»/«Sound Insulation»/«Isolation acoustique» widmete (Abb. 3.31). Die vier in diesem Rahmen erklärten Prinzipien des akustischen Entwurfs lauteten bei Roth:

A. Raumverteilung
B. Rohbauisolation
C. Isolation der Installationen
D. Geräuschlose Apparate und Armaturen[108]




3.31 Die vier Prinzipien des akustischen Entwurfs gemäss Roths *Die Neue Architektur*: A. Raumverteilung; B. Rohbauisolation; C. Isolation der Installationen; D. Geräuschlose Apparate und Armaturen.

Herausgeber Roth, der ja zugleich auch Architekt der Doldertalhäuser war, scheint die geläufigen Vorurteile gegenüber der Ringhörigkeit (schweizerisch für Hellhörigkeit) in Skelettbauten zumindest an von ihm selbst erstellten Häusern so ernst genommen zu haben, dass er dem Thema einen prominenten Platz einräumte.

Einig waren sich Akustiker und Architekten, dass Lärm zuallererst an der Quelle vermieden werden sollte, womit gar keine zusätzlichen technischen Massnahmen nötig wären. Die unter «Raumverteilung» aufgeführte erste Regel für akustische Massnahmen war deshalb eine rein typologische, nämlich die Unterscheidung zwischen ruhigen, dem Lärm abgewandten und weniger lärmempfindlichen Zonen in den Grundrissen. Erst das zweite Prinzip – jenes der Rohbauisolation – erfordert zusätzliche konstruktive Massnahmen mit Industrieprodukten.

Genau solche Produkte standen auch im Fokus der Aufmerksamkeit, als der SIA vom 3. bis zum 5. März 1938 einen Kurs zu «Schallfragen im Bauwesen» veranstaltete, bei dem der zu diesem Zeitpunkt noch bei der PTT-Generaldirektion in Bern tätige Willi Furrer über «Schallschluckstoffe» referierte.[109] In dem später in der *SBZ* vollumfänglich abgedruckten Vortrag erklärte Furrer poröse und schwingungsfähige Schalldämmmaterialien. Wobei sich auch an diesem Punkt der nahende Generationenwechsel an der ETH wie in der Bauakustik allgemein zeigte: Während Osswald 1933 in seinem Aufsatz für die Industriepublikation *Physik des Backsteins* das Thema Isolierung als «Nachflicken» einstufte, galten jüngeren Architekten und Akustikern, darunter seinem späteren Nachfolger Furrer, solche Isolierprodukte als selbstverständlich.[110]

Als Berichterstatter der *SBZ* über den Schallfragen-Kurs des SIA zeichnete der Bauingenieur Walter Pfeiffer (1893–1957), der parallel zu seiner statischen Expertise in seinem Winterthurer Büro als einer der Ersten in der Schweiz Schallschutzberatungen anbot. Ab 1935 hielt Pfeiffer regelmässig in verschiedenen Schweizer Städten, meist vor Architektengruppen, Fachvorträge zum Trittschallschutz und zur Schallisolation, die die *SBZ* jeweils ankündigte. Zu dieser Zeit war Pfeiffer im Winterthurer Telefonbuch nicht nur als Bauingenieur, sondern auch in der Sparte «Schallschutz» eingetragen.[111]

Pfeiffers akustische Beratungen, etwa für das Zürcher Kongresshaus oder – im Auftrag der Stahlbauindustrie – die beiden Doldertalhäuser, scheinen sich zu einem essentiellen Wirtschaftszweig seiner Firma «Schallschutz. Pfeiffer-Winterthur» entwickelt zu haben. Sie schaltete ab 1939 regelmässig Inserate in der *SBZ*, deren Text in zwei Varianten alternierte. Im ersten Inserat

warb Pfeiffer für Beratungen in den «unzertrennbar» zusammenhängenden Gebieten von Baustatik und Schallschutz.[112] Das zweite versprach «guten Schallschutz mit minimalen Baukosten».[113]

Gerade in der Schweiz, so ein anderer, im Februar 1938 in der *SBZ* erschienener Bericht über akustische Forschungsergebnisse, halte sich das Vorurteil, dass nur traditionelle Bauweisen einen guten Schallschutz bieten und moderne Konstruktionen «ringhörig» seien, was in der Folge an den Doldertalhäusern widerlegt wurde.[114] Sie avancierten auch in der *SBZ* zum Vorzeigeprojekt und dienten dem Bericht als das prominenteste Beispiel aus einer grösseren Serie von bauakustischen Messungen, die Pfeiffer um die Mitte der 1930er Jahre als Spezialist für Bauakustik in verschiedenen Häusern in Basel, Bern und Zürich im Auftrag des Verbands Schweizerischer Brückenbau- und Stahlhochbau-Unternehmungen durchgeführt hatte.

> Von besonderem Interesse ist nun die Frage, ob die Anforderungen an den Schallschutz mit der heute üblichen *Leichtbauweise* vereinbar sind, die sich dadurch kennzeichnet, dass das Tragsystem – sei es aus Eisenbeton oder Stahl – die Lasten übernimmt, das Füllsystem aber die raumabschliessenden Funktionen, sowie Wärme-, Schall- und Feuerschutz.[115]

Durch ihr Renommee eigneten sich die Doldertalhäuser ausgezeichnet für die Beweisführung, dass auch eine moderne Leichtbauweise mit Stahlskelett, richtig realisiert, ein «ruhiges Wohnen» garantieren könne:

> Den Anforderungen an ruhiges Wohnen ist schon in der Grundrissgestaltung weitgehend entsprochen; die grössten Schallquellen, Treppenhaus und Küche, sind von den Wohnräumen durch eine durchgehende Fuge abgetrennt. Die Vermeidung oder Abminderung der Leitungsgeräusche wurde mit den modernsten Mitteln erreicht. Das Tragsystem ist ein Stahlskelett von nur 13 kg Gewicht pro m³ umbauten Raumes. Die übrigen Baustoffe konnten, da ihnen tragende Funktionen nicht zukommen, weitgehend in den Dienst des Schallschutzes gestellt werden. Die Decken sind aufgebaut aus Tragsystem (Rohrzellenhourdis zwischen I-Trägern und Ueberbeton), Isolierschicht (2 cm loser Korkschrot mit Dachpappe darüber oder 1 cm Glasseide) und schwimmendem Belag (5 cm armierte Betonplatte mit Abstrich und Linol oder 10 mm starkem Holzmosaikboden). Diese schwimmende Platte ist ringsum durch einen Filzstreifen von den



**3.32 «Selbst kräftiges Klavierspiel wird in der Nebenwohnung nicht gehört»: Akustische Isolierschichten aus Kork, Gips, Filz und freihängender Dachpappe sollten die Privatsphäre in den Mehrfamilienhäusern im Zürcher Doldertal garantieren. Aufnahme des grossen Ateliers in den Doldertalhäusern, das Alfred Roth selber nutzte.**

> Wänden getrennt. Die ausserhalb der Stahlstützen durchgehenden Aussenwände bestehen aus 10 cm armierter Isoliersteinmauer mit Edelputz aussen und 7 cm Gipsdielen innen. Die Decken sind systematisch von den Fassaden abgeschnitten. Die Wohnungstrennwände sind zweischichtig mit je 7 cm Gipsdielen ausgebildet, in deren Zwischenraum Dachpappe frei aufgehängt ist; selbst kräftiges Klavierspiel wird in der Nebenwohnung nicht gehört.[116]

Altbewährte Materialien wie Kork, Gips oder gips- und teergetränkte Bahnen wurden hier offensiv im «Dienst des Schallschutzes» beworben. Dass mit dem Einbau der «Füllbaustoffe», die in den 1930er Jahren in den meisten Fällen asbesthaltig waren, auch gleich die «Anforderungen an feuersichere Verkleidungen» erfüllt seien, wurde ebenfalls kurz erwähnt. Die Stahlbauindustrie war interessiert am Beweis, dass bei Leicht- und Skelettbauweisen unter Zuhilfenahme gängiger Industrieprodukte die Schallschutzwerte von in Massivbauweise errichteten Gebäuden sogar übertroffen werden könnten. Nicht das Materialgewicht selbst, wie es bei einer Backsteinmauer der Fall war, sondern poröse und dämpfende Isolierprodukte sollten Ruhe und Privatsphäre gewährleisten.

Der Schallschutz wurde zum ständigen Begleiter der zahlreichen Publikationen zu den Doldertalhäusern. Die vier in dem von Roth 1940 herausgegebenen Buch *Die Neue Architektur* abgebildeten schalltechnischen Diagramme wurden auch in der Rezension des Buches noch vor dessen offiziellem Erscheinen im Dezember 1939 in der *SBZ* abgedruckt, und zwar gleich auf der ersten Bildseite des Artikels unter dem grossformatigen Innenraumbild einer Wohnung in den Doldertalhäusern (Abb. 3.32). Der

Text lobt die «vorbildliche Systematik des Buches», diese wiederzugeben sei jedoch «aus Raumgründen ganz unmöglich», weshalb einzelne lose Beispiele ausgewählt wurden, die «aber wenigstens zeigen, welche Art des Bauens der Autor als neues Bauen verstanden wissen will, und wie er einzelne Dinge behandelt».[117]

Die Doldertalhäuser demonstrieren letztlich mustergültig, wie Architekten der Moderne die Argumentation für ihre Entwürfe aus technischen Aufgabenstellungen und nicht aus Stilpositionen herleiteten. Die akustische Isolierung wurde fortan in fast jedem Bauhandbuch angesprochen. Auch wenn der Schallschutz meist weniger ausführlich behandelt wurde als andere Themen, wird ersichtlich, dass die Akustik zu einer nicht mehr wegzudenkenden Funktion der Architektur geworden war.

### Blei und Teerpappe für die Unité d'habitation, Teppich-Technologie bei «schöner wohnen» (1952/1957)

Auch anderen, kleineren und grösseren Architekturikonen des 20. Jahrhunderts bereitete die Akustik beträchtliche Sorgen. «Silence» wurde 1947 von Le Corbusier nach «air», «lumière», «soleil», «verdure» als fünfter gesundheitlicher Vorteil des Wohnens in der geplanten Unité d'habitation in Marseille angepriesen. Das Pariser Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme hatte ihn mit der Planung dieses 1600-Personen-Wohnhauses beauftragt, für welches er folgende konstruktiven Massnahmen vorschlug: «Komplette Trennung der Wohnungen. Totale Unabhängigkeit von ihrer Tragstruktur» («Séparation complète des logis. Indépendance totale de leur structure»).[118]

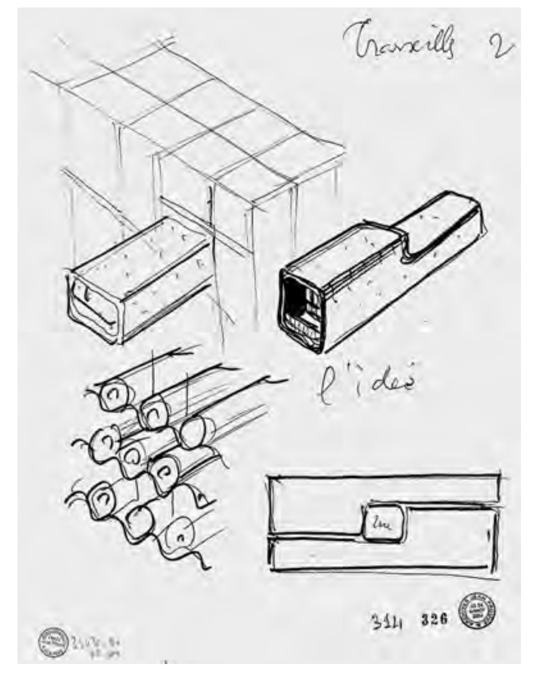
«Wie kleine Einfamilienhäuser, die voneinander völlig unabhängig sind», präsentierte Le Corbusier die Wohnungen während der Planungsphase.[119] Als Holzbauelemente in das Stahlbetongerüst eingeschoben, würden die einzelnen Wohneinheiten Privatheit im Inneren garantieren, weil nämlich jedes Element in sich geschlossen vom anderen entkoppelt und zusätzlich schallisoliert sei. Als Gegenstück zu den Gemeinschaftseinrichtungen im Erdgeschoss und auf der Dachterrasse wurde grosser Wert auf eben diese Privatheit in den über 300 Wohnungen gelegt.

Die Nachbarn weder zu sehen noch zu hören («Ne pas voir, ne pas entendre ses voisins») war eine der Zielsetzungen.[120] Solche Ansprüche an Abgeschiedenheit stellten die Architekten und Ingenieure der innovativen Typologie der Unité vor grosse Herausforderungen und führten zu mehreren Krisen während der Planungen. Bis die Unité d'habitation 1952 eingeweiht

wurde, fanden noch zahlreiche Tests und Besprechungen über zusätzliche akustische Massnahmen statt.

Diese Aufteilung der Konstruktion in ein Traggitter mit eingelegten Wohneinheiten hatte Le Corbusier bereits zwischen 1930 und 1932 am Studentenwohnheim «Pavillon Suisse» in Paris erprobt. Hier und auch im Mehrfamilienhaus «Maison Clarté» in Genf aus der gleichen Zeit wurde als Trittschalldämmung eine Schicht «Arki» (Meeralgen zwischen Teerpappe) auf der Rohbaudecke verlegt. Bei beiden Bauten wurde zugunsten des Schallschutzes und der Aussteifung vom Prinzip des Montagetrockenbaus abgewichen. So wurde hier nasser (das heisst gegossener, statt trocken als Elemente eingesetzter) Beton in die Deckenschalung eingefüllt, womit sich Massengewicht und Steifigkeit erhöhten.[121] Dafür gab es mehr Schallbrücken zwischen der Tragstruktur und den eingefügten Wohnzellen.

Diese Konstruktionstechnik aus einem Traggitter mit eingegossenen Deckenplatten und trocken eingelegten Wohnzellen wurde nun in Marseille wieder aufgegriffen. Der Konstrukteur Jean Prouvé (1901–1984), der für das Sichtbarmachen der Kräfteflüsse in formenstarken Entwürfen bekannt wurde, begleitete das Projekt als Ingenieur und skizzierte ein «Flaschenregal» als Konstruktionsprinzip für die Unité. Die Auflagerung der Deckenkonstruktion auf Bleizylindern würde, so Prouvé, das Gewicht erhöhen und so die Schallübertragungen in das Traggitter dämpfen (Abb. 3.33).[122]

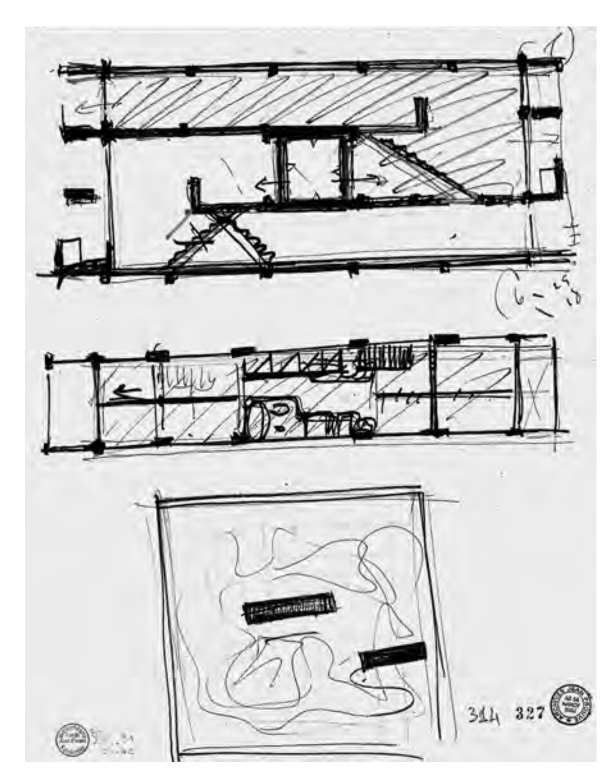


3.33 Das System des «Flaschenregals», sollte, wie Jean Prouvé in einer Vorlesung erklärte, unterstützt vom Gewicht der eingelegten Bleizylinder die Wohnungen in der Unité d’habitation in Marseille auch akustisch voneinander trennen. Zeichnung aus den Vorlesungen von Jean Prouvé, 1957–1970.

Der Konstruktionsbeschrieb für die Ausführung widmet sich detailliert der «isolation phonique»: Doppelverglasungen an der Fassade, Glaswolleisolierungen für die Leitungen, Filz- und Teerummantelungen der Tragstruktur, Bleizylinder in den Deckenplatten, doppelte Beton- und Gipswände mit dazwischen liegender Luftschicht für die vertikalen Raumteilungen und noch weit aufwendigere Konstruktionsaufbauten für die horizontalen Raumteilungen sollten für Ruhe und Privatheit in den Wohnungen sorgen.[123] Den Abschnitt «Bruit» des Projektbeschriebs verfasste André Wogenscky (1916–2004), Le Corbusiers wichtigster Mitarbeiter für das Marseille-Projekt und während der Planungen der späteren Unités in Rezé bei Nantes und in Briey im Département Meurthe-et-Moselle auch Büroleiter.[124]

Das Hochhaus der Unité in Marseille allerdings war besonders komplex und folgte nicht der von Alfred Roth als erstem Prinzip propagierten Massnahme der Trennung in ruhige und weniger lärmempfindliche Zonen: In der Unité gab es keine vertikal organisierten ruhigen Schlaf- und weniger empfindliche Wohnzonen. Die gestapelten, verschachtelten, zueinander gespiegelten und verschobenen Grundrisstypen hatten zur Folge, dass in fast allen Wohnungen das Wohnzimmer über dem Schlafzimmer einer fremden Wohnung lag (Abb. 3.34). Die benachbarten Wohnungen berührten sich nicht nur wie in einem Reihenhaus seitlich, sondern waren mehrfach übereinander verschachtelt. Kurzum: Es brauchte hier eine besonders gute Schallisolierung. Ein vom französischen Gesundheitsdepartement beauftragtes ärztliches Gutachten äusserte sogar Bedenken, ob die Lärmbelastung bei so vielen Menschen in einem Wohnhaus nicht Geisteskrankheiten auslösen könne.[125]

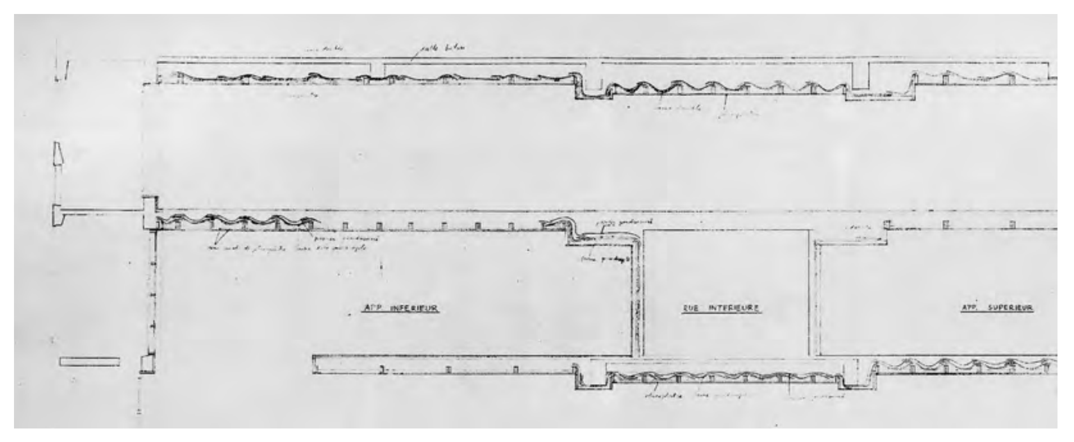
Die in den Bauplanungen ziemlich spät gewonnene Erkenntnis, dass diese vielfachen Überlagerungen von Wohn- und Schlafräumen die Anforderungen an die Schallisolierung erheblich erhöhten, führte zu einer grösseren Krise. So wurden die notwendigen Einlagen zwischen den Wohnungen während der laufenden Bauarbeiten neu berechnet. 1950, als die Vorfabrikation der Decken bereits im Gang war, wurde der bisher vorbildlich geglaubte Schallschutz als ungenügend beurteilt. In einer nicht datierten, spätestens Anfang 1950 verfassten dramatischen Notiz schrieb Simone Wogenscky (1912–2006), die damalige Frau von André Wogenscky und ebenfalls Mitarbeiterin im Büro Le Corbusiers, an ihren Chef, dass sie sich angesichts der Schwierigkeiten am Bau überhaupt nicht gut fühle, ja ihr Herz fast stillstehe. Die Schallisolierung, so schrieb sie ihm, sei zurzeit die wichtigste Frage und werde über Sieg oder Niederlage der Unité entscheiden.[126]



3.34 **Die Verschränkung der Wohneinheiten und die Überlagerung von Wohn- und Schlafräumen in der Unité d'habitation in Marseille führte wegen den erhöhten Anforderungen an die Schallisolierungen zu einer Planungskrise. Zeichnung aus den Vorlesungen von Jean Prouvé, 1957–1970.**

Die akustischen Probleme waren so gross, dass am 3. Februar 1950 eine Besprechung mit vier Teilnehmern einberufen wurde. Le Corbusier war nicht anwesend, sondern wurde vertreten durch Vladimir Bodiansky (1894–1966), dem Gründer der Architektengruppe Atbat (Atelier des Bâtisseurs), zwei Herren der Firma Isover-Saint-Gobain, die schallisolierende Produkte herstellte und vertrieb, und als vierte Person ein Herr Gruselle als beratender Ingenieur.[127] Die Angelegenheit war äusserst dringend, da nicht nur die Vorfabrikation der Deckenplatten begonnen hatte, sondern auch die vorgesehene Rippenkonstruktion, innerhalb derer die Bodenplatten auf Bleizylindern aufgelagert werden sollten, nicht mehr geändert werden könne, wie Bodiansky festhielt. Die Versuche sollten «so schnell wie möglich» durchgeführt werden – und erhielten trotzdem keine Priorität: Bodiansky reiste nach Marokko und Isover war mit dem Bau einer Modellwohnung für die Pariser Wohnausstellung ausgelastet, weshalb im Protokoll diese Tests «im Laufe des März» anberaumt wurden.[128]

Jede Decke und jeder Boden sollte mit zusätzlichen Isolierungen versehen werden, wenn man in Zukunft in den mehrfach ineinander verschränkten Wohnungen nicht jede Aktivität der Nachbarn – zumindest hörend – miterleben sollte. Der von den Isover-Vertretern anlässlich der Sitzung im Februar 1950 präsentierte Vorschlag, die Böden mit Glaswolle, asphaltiertem Filz und Linoleum zu beschichten, wurde abgelehnt. Stattdessen wurde




**3.35 In der Unité d'habitation sollte eine aufwendige «isolation phonique» durch zusätzliche Schichten von Glaswolle und teergetränkter Pappe- und Filzbahnen die Wohnruhe garantieren. Konstruktionsplan der Ateliers le Corbusier vom 20. Oktober 1950.**

beschlossen, erst einmal Versuche an vier mehrschichtigen Konstruktionen vornehmen zu lassen.

Der mit «vertraulich» («confidentiel») überschriebene Kommentar zum Untersuchungsbericht des Unité-Projektleiters Georges Candilis (1913–1995) an den Büroleiter André Wogenscky vom 2. Juni 1950 diskutiert den grossen Kostenanstieg, wenn die Schallisolierung nun intensiviert würde, und verweist auf die Abmachung, dass die definitive Anwendung erst nach den vereinbarten Schallschutztests entschieden werde.[129] Die von Isover einst offerierten, handelsüblichen Schallschutzschichten sollten nun durch aufwendigere, mehrschichtige Aufbauten ersetzt werden, zum Beispiel sollte auf 65 000 Quadratmetern nicht einfach doppelte Glaswolle, sondern «super-vierfach geschichtete Glaswolle und Teerpappe» («[l]aine de verre super-quadruple + papier goudronné») verlegt werden oder auf 15 000 Quadratmetern über den geteerten Filz auch noch eine Schicht Glaswolle.[130] Auf dem am 20. Oktober 1950 gezeichneten Konstruktionsplan zur «isolation phonique» sind die unterschiedlichen Kombinationen von zuweilen vierfachen Schallisolierschichten unter den Bodenplatten und in den Wänden der benachbarten Wohnungen und Korridore eingezeichnet (Abb. 3.35).[131] Daraus lässt sich schliessen, dass in Marseille der Schallschutz so wichtig war, dass keine Kosten gescheut wurden.

Bis 1951 korrespondierten im Atelier von Le Corbusier sowohl Wogenscky wie auch Candilis (der dann Leiter des Planungsbüros Atbat-Afrique in Casablanca wurde) mit der Firma Isover im Zusammenhang mit der «isolation phonique» in der Grosswohnsiedlung der Unité. Noch während der Montage wurde überprüft, ob die Schallisolierung auch ausreichen würde. Die Erleichterung war enorm, als Le Corbusier bei der Eröffnung der Grosswohnsiedlung am 14. Oktober 1952, genau fünf Jahre nach der

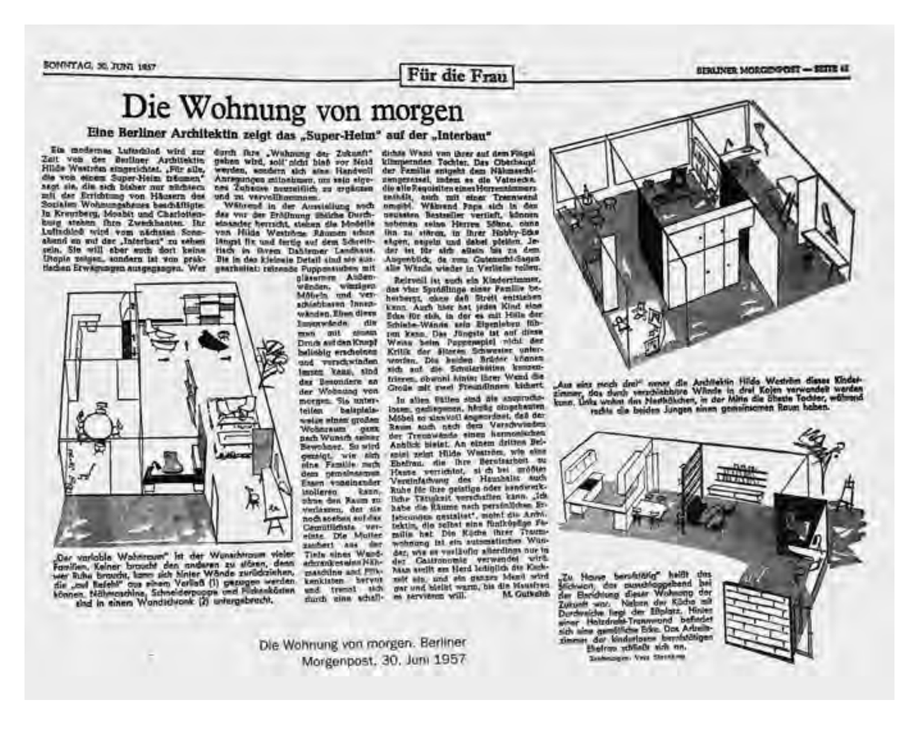
Grundsteinlegung, mit Recht sagen konnte: «Und die Menschen leben darin wie in einer Wunderwolke. Es herrscht vollständige Stille.» («Et les humains vivent là-dedans comme dans un mirage. Le silence est total.»)[132]

Wohnhochhäuser wie die Unités in Marseille und Berlin oder auch die ersten Zürcher Wohnhochhäuser, die zwischen 1946 und 1952 in Zürich-Heiligfeld nach den Plänen des damaligen Stadtbaumeisters Albert Heinrich Steiner (1905–1996) erstellt wurden, markieren Prozesse neuer städtischer Verdichtungen. «Sicher brauchte man mindestens eine überdurchschnittliche Trittschalldämmung», stellte auch der Historiker Ruedi Weidmann fest in seiner Untersuchung zu den Zwölfgeschossern, mit denen erstmals in der Schweiz Liftschacht, Müllabwurf und Trittschalldämmung an einem Wohnhochhaus erprobt wurden.[133] Die Schallfrage stellte sich immer häufiger: Als während der 1950er und 1960er Jahre die Rechtsgrundlagen zum Privatbesitz von Bauland und den darauf erstellten Immobilien neu formuliert wurden, konnten sich mehrere Eigentümer an einem mehrgeschossigen Haus beteiligen.[134] Zu den bekannten Nachbarschaften in der Horizontalen kamen nun auch das vertikale Wohnen und die damit verbundenen Lärmprobleme.

Auf die Unité in Marseille folgten vier weitere ähnliche Grosswohnbauten, drei in Frankreich und eines in Berlin. Die Berliner Unité wurde anlässlich der *Interbau 57*, der ersten *Internationalen Bauausstellung (IBA)*, realisiert. Bei allen vier Nachfolgern bestand ein noch grösserer Kostendruck, weshalb unter anderem auf das Prinzip des Flaschenregals verzichtet und die Schalldämmung nicht in der gewünschten Qualität ausgeführt wurde.[135] In einem Inserat von 1962 benutzte die Firma ProMonta-Plattenwerk Le Corbusiers Wohnhochhaus in Berlin dennoch als Vorzeigeprojekt für ihre Produkte. Die frei versetzbaren ProMonta-Trockenbauwände ermöglichten demnach nicht nur eine kurze Bauzeit, sie seien auch schalldämmend.

Mit dem Namen Le Corbusier und der vielbeachteten *Interbau 57* liess sich gut Werbung in eigener Sache machen, und dies nicht nur für Trockenbauwände. Der Text des Inserats in einem Heft über Wohnhochhäuser räumte der Schallisolierung fast so viel Platz ein wie der schnellen Montage:

> Im «Wohnhochhaus Corbusier» Berlin […] hat Corbusier fast 25 000 qm ProMonta-Wände verwendet, teils als doppelschalige Wohnungstrennwände, teils für die Zwischenwände innerhalb der Wohnungen. […] Der Schallschutz der ausgegossenen, monolithisch dichten ProMonta-Wand ist an jedem Punkte gleich vollkommen und beträgt für die 8 cm starke Wand 36 dB, für die Wand von 10 cm



SONNTAG, 30. JUNI 1957 | Für die Frau | BERLINER MORGENPOST — SEITE

# Die Wohnung von morgen

## Eine Berliner Architektin zeigt das „Super-Heim" auf der „Interbau"

Ein modernes Luftschloß wird zur Zeit von der Berliner Architektin Hilde Weström eingerichtet. „Für alle, die von einem Super-Heim träumen" sagt sie, die sich bisher nur nüchtern mit der Errichtung von Häusern des Sozialen Wohnungsbaues beschäftigte. In Kreuzberg, Moabit und Charlottenburg stehen ihre Zweckbauten. Ihr Luftschloß wird vom nächsten Sonnabend an auf der „Interbau" zu sehen sein. Sie will aber auch dort keine Utopie zeigen, sondern ist von praktischen Erwägungen ausgegangen. Wer durch ihre „Wohnung der Zukunft" gehen wird, soll nicht bloß vor Neid werden, sondern sich eine Handvoll Anregungen mitnehmen, um sein eigenes Zuhause neuzeitlich zu ergänzen und zu vervollkommnen.

Während in der Ausstellung noch das vor der Eröffnung übliche Durcheinander herrscht, stehen die Modelle von Hilde Weströms Räumen schon längst fix und fertig auf dem Schreibtisch in ihrem Dahlemer Landhaus. Bis in das kleinste Detail sind sie ausgearbeitet: reizende Puppenstuben mit gläsernen Außenwänden, winzigen Möbeln und verschiebbaren Innenwänden. Eben diese Innenwände, die man mit einem Druck auf den Knopf beliebig erscheinen und verschwinden lassen kann, sind das Besondere an der Wohnung von morgen. Sie unterteilen beispielsweise einen großen Wohnraum ganz nach Wunsch seiner Bewohner. So wird gezeigt, wie sich eine Familie nach dem gemeinsamen Essen voneinander isolieren kann, ohne den Raum zu verlassen, der sie noch soeben auf das Gemütlichste vereinte. Die Mutter zaubert aus der Tiefe eines Wandschrankes eine Nähmaschine und Flickenkisten hervor und trennt sich durch eine schalldichte Wand von ihrer auf dem Flügel klimpernden Tochter. Das Oberhaupt der Familie entgeht dem Nähmaschinengerassel, indem es die Vaterecke, die alle Requisiten eines Herrenzimmers enthält, auch mit einer Trennwand umgibt. Während Papa sich in den neuesten Bestseller vertieft, können nebenan seine Herren Söhne, ohne ihn zu stören, in ihrer Hobby-Ecke sägen, nageln und dabei pfeifen. Jeder ist für sich allein bis zu dem Augenblick, da zum Gutenacht-Sagen alle Wände wieder in Vertiefe fallen.

Reizvoll ist auch ein Kinderzimmer, das vier Sprößlinge einer Familie beherbergt, ohne daß Streit entstehen kann. Auch hier hat jedes Kind eine Ecke für sich, in der es mit Hilfe der Schiebe-Wände sein Eigenleben führen kann. Das Jüngste ist auf diese Weise beim Puppenspiel nicht der Kritik der älteren Schwester unterworfen. Die beiden Brüder können sich auf die Schularbeiten konzentrieren, obwohl hinter ihrer Wand die Große mit zwei Freundinnen kichert.

In allen Fällen sind die anspruchslosen, gediegenen, häufig eingebauten Möbel so sinnvoll angeordnet, daß der Raum auch nach dem Verschwinden der Trennwände einen harmonischen Anblick bietet. An einem dritten Beispiel zeigt Hilde Weström, wie eine Ehefrau, die ihre Berufsarbeit zu Hause verrichtet, sich bei größter Vereinfachung des Haushalts auch Ruhe für ihre geistige oder handwerkliche Tätigkeit verschaffen kann. „Ich habe die Räume nach persönlichen Erlebnissen gestaltet", meint die Architektin, die selbst eine fünfköpfige Familie hat. Die Küche ihrer Traumwohnung ist ein automatisches Wunder, wie es vorläufig allerdings nur in der Gastronomie verwendet wird. Man stellt am Herd lediglich die Kochzeit ein, und ein ganzes Menü wird gar und bleibt warm, bis die Hausfrau es servieren will. M. Gutkelch

„Der variable Wohnraum" ist der Wunschtraum vieler Familien. Keiner braucht den anderen zu stören, denn wer Ruhe braucht, kann sich hinter Wände zurückziehen, die „auf Befehl" aus einem Verließ (1) gezogen werden können. Nähmaschine, Schneiderpuppe und Flickenkästen sind in einem Wandschrank (2) untergebracht.

„Aus eins mach drei" nennt die Architektin Hilde Weström dieses Kinderzimmer, das durch verschiebbare Wände in drei Kojen verwandelt werden kann. Links wohnt das Nesthäkchen, in der Mitte die älteste Tochter, während rechts die beiden Jungen einen gemeinsamen Raum haben.

„Zu Hause berufstätig" heißt das Stichwort, das ausschlaggebend bei der Einrichtung dieser Wohnung der Zukunft war. Neben der Küche mit Durchreiche liegt der Eßplatz. Hinter einer Holzdraht-Trennwand befindet sich eine gemütliche Ecke. Das Arbeitszimmer der kinderlosen berufstätigen Ehefrau schließt sich an.

Die Wohnung von morgen. Berliner Morgenpost, 30. Juni 1957



3.36 Berliner Morgenpost, 30. Juni 1957: Freie Gestaltbarkeit ermöglicht Vielfalt: «Aus eins mach drei» galt für die Kinderzimmer, «zu Hause berufstätig» für die Domäne der Frau in Hilde Weströms «Super-Heim».

3.37 Variabler Wohnraum in der Modellwohnung von Hilde Weström für die «Stadt von morgen» auf der *Interbau* 1957 in Berlin.

> Stärke 40 dB, für Doppelwände je nach Stärke des Luftzwischenraum und Ausfüllung desselben 48 bis 52 Dezibel.[136]

Der Schallschutz war auch Thema beim *Interbau-57*-Beitrag der Berliner Architektin Hilde Weström (1912–2013). Die Sonderausstellung *Die Stadt von morgen* präsentierte Diskussionsergebnisse von Fachleuten aus der Soziologie, der Medizin, der Architektur und der Stadtplanung, Stadtvisionen für die baldige Zukunft, in der Konsum und Komfort im Mittelpunkt stehen würden.[137] Für genau diese Hallenschau hatte Hilde Weström eine Wohnung mit variablen Raumteilern, Schiebetüren und Faltwänden entworfen, die sich dem Tageszyklus des Wohnens einer Familie anpassen und nach Bedarf offen oder abgeschlossen sein konnte (Abb. 3.36). Zu den Modellen von Weström titelte die *Berliner Morgenpost*: «Die Wohnung von morgen: Eine Berliner Architektin zeigt das 'Super-Heim' auf der 'Interbau'» (Abb. 3.37). Die Autorin des Artikels, der in der Rubrik «Für die Frau» erschien, entfaltete unter dieser Überschrift ein dementsprechend blumig formuliertes Panorama eines möglichen Zusammenlebens in Weströms «Super-Heim»:

> So wird gezeigt, wie sich eine Familie nach dem gemeinsamen Essen voneinander isolieren kann, ohne den Raum zu verlassen, der sich noch soeben auf das Gemütlichste vereinte. Die Mutter zaubert aus der Tiefe eines Wandschrankes eine Nähmaschine und Flickenkisten hervor und trennt sich durch eine schalldichte Wand von ihrer auf dem Flügel klimpernden Tochter. Das Oberhaupt der Familie entgeht dem Nähmaschinengerassel, indem es die Vaterecke, die alle Requisiten eines Herrenzimmers enthält, auch mit einer Trennwand umgibt. Während Papa sich in den neuesten Bestseller vertieft, können nebenan seine Herren Söhne, ohne ihn zu stören, in ihrer Hobby-Ecke sägen, nageln und dabei pfeifen. Jeder ist für sich allein bis zu dem Augenblick, da zum Gutenacht-Sagen alle Wände wieder in Verließe rollen.[138]

Im Rahmen der biederen Rollenzuteilung der Nachkriegszeit wurde hier noch nicht die Geschlechterfrage, aber sehr wohl die bauliche Anlage der Wohnung für die individuellen Bedürfnisse revolutioniert.

Begriffe wie «Gemütlichkeit» und «Behaglichkeit» waren dabei integraler Bestandteil der damaligen Wohndiskurse um Gesundheit, Komfort und Lebensqualität. So bei der 1956 gegründete Arbeitsgruppe «Teppich-Gemeinschaft» des Verbands der deutschen Teppich- und Möbelstoffindustrie, die

unter dem Titel «Diskussions-Forum schöner wohnen» von 1957 bis 1966 in unregelmässigen Abständen Konferenzen mit prominenten Rednern durchführte, neben André Wogenscky auch Alvar Aalto (1898–1976), Richard Neutra (1892–1970) oder Eero Saarinen (1910–1961).

Anlässlich der ersten Konferenz hielt Weström am 19. November 1957 den Vortrag «Die Technologie des ruhigen Wohnens». Darin stellte sie sich gegen die neue Sachlichkeit der ersten Nachkriegsjahre und forderte eine zeitgemässe, ruhigere Art von Wohnlichkeit:

> Wenn die Wohnung zur Gesundung und Bewahrung der Familie beitragen soll, dann muß sie Ruhe vermitteln und bieten. Wie ist das zu erreichen?
> Früher taten es Portieren, dick, mehrfach gefüttert, Teppiche, Plüsch und viele Kissen, geringes Licht – d. h. viele und dicke, schwere Wände; sie hielten den Lärm auf und Schnörkel das Auge!
> Heute ist unsere Wohnung des Plüsch-Zaubers beraubt. Mit kühler Wahrhaftigkeit hat das Bauhaus als Prototyp eines neuen Geistes – die Umschichtung weit vorausschauend – die Wohnung entrümpelt.[139]

Nicht ohne Nostalgie für die textilen Raumbekleidungen mit Teppichen und Portieren – die schweren Fenster- und Türvorhänge, die in Vergessenheit geraten waren – kritisierte sie die moderne Ästhetik: «Klar, simpel, hell, nüchtern» lägen die sozialen Wohnungsbauten, von denen Weström einige selbst entworfen hatte, nun vor und müssten überdacht werden, um das Nebeneinander von verschiedenen Aktivitäten innerhalb einer Familie zu tolerieren.

«Ruhe war einmal die erste Bürgerpflicht und ist heute Wohnpflicht. Ruhe zu gewährleisten, ist Architektenpflicht», erklärte Weström in ihrem Teppich-Referat ganz im bundesrepublikanischen Zeitgeist der sogenannten Wirtschaftswunderjahre.[140] Zuweilen würden jedoch nicht einmal die Mindestanforderungen eingehalten (1952 war die DIN 4109 von 1944 zumindest mit einem Beiblatt ergänzt worden). Der mangelnde Ruheschutz führe zur Störung der Privatsphäre und gefährde die Gesundheit. Die Architektin empfahl eine Grundrissdisposition mit Ausrichtung der Wohnräume auf die ruhige, strassenabgewandte Seite. Auf das Interesse der Veranstalter Bezug nehmend ging sie auf die lärmabsorbierende Qualität von Stoffen und Geweben ein:

> Teppiche, Vorhänge, Polster, Bespannungen, das sind nun eindeutig technische Hilfsmittel zur inneren Befriedung der Wohnung. Sie sind bewußt überall dort einzusetzen, wo Bautechnik versagt hat, oder wo man selbst zusätzliche Sicherungen leisten möchte zur Erhaltung des nachbarschaftlichen und des Familienfriedens. Sie verhelfen zum ruhigen Wohnen.[141]

Man müsse «nach der großen Entrümpelung, nach der Besinnung auf die große Einfachheit» erst wieder lernen, mit Textilien umzugehen. Auch wenn die dämpfende Wirkung der Stoffe «Allgemeingut der Wohnerfahrung» sei, würden die wissenschaftlichen Beweise fehlen:

> Daher wird Sie interessieren, daß es eine Zusammenstellung amerikanischer Untersuchungen gibt zur Geräuschminderung oder, wie sie es nennen, Geräuschregulierung durch Teppiche. Es wurden umfangreiche Tests vorgenommen. Sie ergaben, daß der Teppichboden den Trittschall um 23 DIN-Phon mindert, die Nachhallzeit halbiert und dadurch zu einem akustisch nutzbaren Material wird.[142]

Florstruktur und Material interessierten die Architektin am meisten, ungeachtet der Tatsache, dass amerikanische Tests eben auch ergeben hatten, dass die jeweilige Unterlage des Teppichs ausschlaggebend für die Messergebnisse war. Aufbauend auf seine schalldämpfenden Vorteile führte Weström die raumgestalterischen Vorteile des Teppichs aus, denn dank des «Polsterungseffekts» seien weder disziplinierte Ruhe noch schallisolierende Türen nötig, um in der Wohnung unterschiedliche gleichzeitige Aktivitäten der verschiedenen Familienmitglieder zu erlauben und dabei doch eine gewisse Ruhe zu bewahren.

Die Techniken, die das Innere der Gebäude als offenen, landschaftsähnlichen Raum gestaltbar machten, nahmen selbst Elemente der Landschaft auf. Und so zählten zu den vielfältigen Materialien und Oberflächen, an denen in den 1950er Jahren untersucht wurde, wie viel Schall sie absorbieren könnten, nicht zuletzt auch Zimmerpflanzen. Mit der gleichen Methode, mit der Wallace C. Sabine einst die absorbierende Wirkung von Filzmatten getestet hatte, wurden nun verschiedene Pflanzenarten im akustischen Laboratorium vermessen. Anselm Lauber, der gerade mit dem Bau eines reflexionsfreien Raums bei den PTT in Bern beschäftigt war, berichtete über dortigen Zimmerpflanzentests in der *SBZ*:

> Es scheint, dass in den letzten Jahren den Zimmerpflanzen, als Element der modernen Wohnraumgestaltung, eine steigende Bedeutung zugemessen wird. Ausser den dekorativen und ästhetischen Eigenschaften, die diese Pflanzen unbestritten haben, werden ihnen aber oft noch geradezu phantastisch anmutende andere Auswirkungen zugeschrieben. Es wird z. B. behauptet, dass Zimmerpflanzen einen massgebenden Einfluss auf die Akustik des betreffenden Raumes ausüben.[143]

Die durchgeführten Tests an neun Arten von Zimmerpflanzen erbrachten jedoch das Gegenteil dieser «phantastisch anmutende[n]» Erwartungen. Wie Laubers Testbericht dokumentiert, ergab die Messung im Hallraum von «drei Stück ficus elastica (Gummibaum), drei Stück sparmannia africana (Zimmerlinde) und drei Stück monstera deliciosa (fälschlicherweise bekannt unter dem Namen Philodendron)», dass die Pflanzen mit einem Gesamtvolumen von 5 Kubikmetern weniger dämpften als der Vergleichsgegenstand, «ein normaler Teppich von 3,4 m² Fläche». Im Frequenzbereich von Sprechstimmen streuten und absorbierten die feinen Geäste mit den kleinen Pflanzenblättern gut oder sogar besser als der im Test installierte Teppich, die tiefen Frequenzen allerdings wurden kaum aufgehalten.[144]

Den neuen Industrieprodukten für die Schallisolierung war es unter anderem zu verdanken, dass Architekten wie Bewohner die Räume verändern und vielseitig gestalten konnten. Wenn nun Hannah Arendt in ihren Überlegungen zum Gemeinwesen des Öffentlichen und zum Verständnis des Privaten auch von der «Vielfalt und Mannigfaltigkeit» schreibt, welche die «Sphäre der Intimität» seit der Neuzeit ausgebildet haben,[145] gilt dies nicht nur für die Wohnwelten in Innenräumen, sondern auch für Strassenräume und Wälder, in denen jede spezifische Situation ihre eigene Lautsphäre bildet. Intimität, bei Arendt, ist ein Freiraum gegenüber der Norm der Massengesellschaft des 20. Jahrhunderts – mal lauter, mal ruhiger, eingebettet und gedämpft in Kissen, Filzvorhänge, Faserplatten, Teppichflor oder Blätterrauschen.

1 Latour 2006 [engl. 1983], S. 130.
2 Ebd.; im Original kursiv.
3 Siehe Just 1929.
4 Wagner 1934, S. 24.
5 Gösele 1959, S. 17.
6 Gösele / Schüle 1965, S. 84.
7 Bürck 1960, S. 104.

8 Gösele 1959, S. 17; siehe auch ders., *Trittschallschutz*, 1951; ders., *Schalldämmung*, 1951; ders. 1955.
9 Siehe auch meine frühreren Aufsätze zum Hammerwerk: S. v. Fischer, Hammerwerk, 2012; dies., Tapping Machine, 2017.
10 Vgl. Chrisler 1927, S. 260.
11 Chrisler / Snyder, Transmission of Sound, 1929, Abb. 4 nach S. 550; Chrisler 1930, S. 180, Abb. 5. Die beiden Publikationen im jeweils zweiten Jahrgang der jeweiligen Fachorgane können als wichtiger Teil im Formationsprozess der modernen Akustik betrachtet werden.
12 Latour 2008 [frz. 1991], S. 50.
13 Ebd., S. 19.
14 Vgl. Gastell 1936, S. 29; Schoch 1937, S. 104.
15 Vgl. Brüel / Zaveri, Acoustics and Instruments II, 2008, S. 15–16.
16 Vgl. Beranek 1949, S. 886–887. Beranek schloss den Abschnitt zur Trittschallmessung mit dem Kommentar, dass zuverlässige Analysen zur Messtechnik in diesem Gebiet noch fehlen.
17 Bürck 1955, S. 64.
18 Vgl. Gösele 1959, S. 19.
19 Vgl. Achenbach 1970, S. 18.
20 Cremer / Heckl 1967, S. 295.
21 DIN 4110:1934, S. 566.
22 Gastell 1936, S. 25.
23 Vgl. Bienert 2015, S. 30–34. Im Frühjahr 1929 beauftragte der Verwaltungsrat der Reichsforschungsgesellschaft Walter Gropius mit der Ausarbeitung eines Bebauungsplans, ohne ihm die Gesamtverantwortung zu geben. Ein Dreier-Ausschuss aus Paul Mebes, Otto Bartning und Wilhelm Lübbert führte die Verhandlungen mit den Behörden, noch vor Jahresende 1929 kam es zum Zerwürfnis mit Gropius.
24 Vgl. ebd., S. 40–71. Die Reichsforschungsgesellschaft wurde 1931 als Folge des vermehrten Einflusses der Rechtsparteien wieder aufgelöst. Im selben Jahr waren die ersten Wohnungen bezugsfertig, die letzten wurden nach der offiziellen Fertigstellung der Siedlung im Juli 1935 übergeben. Die neuen Machtverhältnisse in Deutschland verhinderten eine Würdigung des Projekts. Die Namen der Architekten wurden verschwiegen, weil sie aufgrund ihrer Herkunft oder politischen Überzeugungen in Deutschland nicht mehr arbeiten durften. Erst 1998 bis 2001 wurde im Rahmen eines Denkmalpflegeplans die Dokumentation durchgeführt; vgl. ebd. S. 41. Die Autorin bedankt sich ganz herzlich bei Michael Bienert für die aufschlussreiche Führung durch die Siedlung vom 1. August 2015.
25 Anzeige der Emil Zorn AG, in: *Zeitschrift für Bauwesen*, 78 (1928), Nr. 11, S. II.
26 Siehe Wirksame Maßnahmen, 1928.
27 R. W., Schalldämpfung im Siedlungsbau, 1928.
28 Vgl. Dommann 2006. Das Zitat bezieht sich auf eine 1885 erschienene Werbebroschüre des «Antiphon»-Erfinders Maximilian Pleßner mit genau diesem Titel: *Das Antiphon. Ein Apparat zum Unhörbarmachen von Tönen und Geräuschen*. Ähnlich anderen Produkten mit Namen wie «Kopfbinde», «Paraphon» oder «Ohropax», erlaubte es dem Einzelnen, störende Geräusche nicht mehr zu hören. «Ohropax», das weitaus erfolgreichste Produkt dieser Art, wurde 1908 ohne Patent lanciert, anders als zahlreiche Konkurrenzprodukte. Vgl. hierzu Goodyear 2011, S. 22.
29 Plümecke 1932, S. 174.
30 Ebd., S. 179.
31 Treadway B. Munroe, Plaster Board of Fibrous Material, eingereicht am 30. September 1919, U. S. Patent No. 1333628 erteilt am 16. März 1920; W. S. Trader, Sound Absorbing Boards for Walls and Ceilings, eingereicht am 10. Oktober 1924, U. S. Patent No. 1554180 erteilt am 15. September 1925; beide unter Eingabe der Patentnummer online unter: http://patft.uspto.gov/netahtml/PTO/patimg.htm (abgerufen am 1. Juli 2018).
32 Neue amerikanische Versuche, 1928, S. 13.
33 Vgl. ebd., S. 14.

34 Vgl. Thompson 2002, S. 190–196.
35 Vgl. ebd., S. 170, S. 190 und S. 218.
36 Gastell 1936, S. 33.
37 Ebd., S. 32.
38 Ebd., S. 25; siehe auch Reiher 1932, S. 16.
39 Vgl. Gastell 1936, S. 32.
40 Ebd., S. 27.
41 Vgl. ebd., S. 31. Seit 2014 ist eine sogenannte Museumswohnung in der renovierten Siedlung Haselhorst eingerichtet, siehe dazu zwei Fotografien in: Bienert 2015, S. 147–148.
42 DIN 4110:1938, S. 13.
43 Chrisler 1935, S. 80.
44 Nachschrift und Skriptum der Vorlesung von Franz Max Osswald im Wintersemester 1932/33 an der ETH Zürich, o. S., Hochschularchiv / ETH Zürich, Nachlass Gonzenbach; im Original sämtliche Zitate in Grossbuchstaben.
45 Latour 2006 [engl. 1983], S. 130.
46 Latour 2002 [engl. 1999], S. 153–154.
47 Jones 2006, S. 5.
48 Vgl. Osswald, Decibel, 1938, S. 99. Auf der Pariser Konferenz war die Schweiz durch den jungen Willi Furrer vertreten. Osswald reiste als Berichterstatter an.
49 Chrisler / Snyder 1935, S. 752.
50 Franz Max Osswald, Schall-Messverfahren, besonders für die Bestimmung des Isolationswertes bei Körperschall-Beanspruchung, unveröffentlichtes Manuskript, März 1935, 10 S. [S. 1, S. 7, S. 9 und S. 10], Empa-Ak Dübendorf, AkuBer 0732, C1.
51 Osswald, Method for Measuring Sound Isolation, 1936, S. 261.
52 Franz Max Osswald, Schall-Messverfahren, besonders für die Bestimmung des Isolationswertes bei Körperschall-Beanspruchung, unveröffentlichtes Manuskript, März 1935, 10 S. [S. 10], Empa-Ak Dübendorf, AkuBer 0732, C1; Rechtschreibung gemäss Original.
53 Osswald, Institut für angewandte Akustik, 1938, S. 162. Mit «Eichaufstellung» verwies Osswald wohl auf einen empirischen Abgleich mit der physiologischen Hörschwelle seiner Testpersonen.
54 Osswald, Method for Measuring Sound Isolation, 1936, S. 261.
55 Vgl. Gastell 1936, S. 29. Gastell beruft sich hier auf in verschiedensten Ländern (Österreich, Deutschland, Grossbritannien) dokumentierte Versuchsanordnungen, darunter Reiher 1932 wie auch G. Hofbauer und F. Bruckmayer, «… und schalldichte Decken», in: *Der Österr. Baumeister*, 2 (1935), S. 386; H. Reiher, *Über den Schallschutz durch Baukonstruktionsteile*. München 1932 (Beihefte z. Gesundheitsingenieur, Heft 11). Zu Reiher siehe auch Reiher 1937.
56 Osswald, Method for Measuring Sound Isolation, 1936, S. 261. Dies ist wie das vorangegangene Argument in kleinerer Schrift gesetzt: Es scheint, als ob Osswald sich selbst zitiere.
57 Siehe Scharoun 1974; Wisniewski 1993; zur Akustik im Spezifischen siehe Jasper 2014.
58 Vgl. Lothar Cremer, Raum- und bauakustische Maßnahmen bei der Berliner Philharmonie, unveröffentlichtes Manuskript, Baukunstarchiv, Akademie der Künste, Berlin, 1959, zitiert in: Jasper 2018, S. 938. Vgl. auch Cremer 1964.
59 Ein gutes Beispiel hierfür sind die Untersuchungen des Landschaftsarchitekten Gerhard Beck in den 1960er Jahren, der nicht nur die physikalisch messbare Streuung der Bäume und Büsche nachzuweisen versuchte, sondern stets auch Wert auf die Vielfalt der Baumarten hinsichtlich ihres unterschiedlichen Reflexionsverhaltens legte; vgl. Jasper 2018, S. 945. Jasper führt in diesem Zusammenhang folgende Schriften an: Gerhard Beck, *Untersuchungen über Planungsgrundlagen für eine Lärmbekämpfung im Freiraum mit Experimenten zum artspezifischen Lärmminderungsvermögen verschiedener Baum- und Straucharten*, Diss. TU Berlin 1965; ders., *Pflanzen als Mittel zur Lärmbekämpfung*, Berlin / Hannover 1969.
60 Heckl / Westphal 1957, S. 459.
61 Vgl. Wedler 1959, S. 440.
62 Wedler, Es gibt keine Entschuldigung, 1957, S. 2.

63 Ebd.
64 Ebd.
65 Bobran 1976, S. 69. Für eine historische Einordnung des Vergleichshammerwerks siehe Maack / Möck 2009, S. 304–305.
66 Wedler, Es gibt keine Entschuldigung, 1957, S. 2 und S. 4.
67 Wedler, Entwicklung der technischen Baubestimmungen, 1957, S. 10.
68 Wedler 1959, S. 440.
69 Die Autorin dankt Dr.-Ing. Joachim Feldmann von der TU Berlin für diesen Hinweis.
70 Siehe Pritschow 1964; Cremer / Hubert 1967.
71 Vgl. Cremer / Hubert 1967, S. 17–18.
72 Walter Seidl (Geräteverwalter der TU Berlin), Gespräch mit der Autorin, 11. September 2009; Joachim Feldmann (Lehrbeauftragter der TU Berlin), E-Mail an die Autorin, 9. Juni 2010.
73 Gerätesammlung der Abteilung für Technische Akustik, TU Berlin, Inv.-Nr. Squ 32. Gedankt sei an dieser Stelle Walter Seidl und dem Leiter der Prüfungsstelle, Dr.-Ing. Roman Tschakert, für die Vorführungen des Geräts in den Jahren 2009 und 2015.
74 Vgl. Brüel / Zaveri, Acoustics and Instruments II, 2008, S. 28–32.
75 Bürck 1955, S. 7. – Der Untertitel in den Folgeausgaben von 1960 und 1966 wurde angepasst, dieser endete nun mit: «[…] für beruflich-technisch Interessierte oder Techniker, die sich in das Gebiet der Schalltechnik einarbeiten wollen».
76 Arendt 2013 [engl. 1958], S. 333.
77 Ebd.
78 Le Corbusier 1947/1948, S. 51.
79 Wedler 1952, S. 4.
80 Fuller setzte den Namen «Dymaxion» aus «dynamic» und «maximum» und der Endung «ion» zusammen. Er verwendete ihn später unter anderem auch für seine Entwürfe eines Automobils und einer Weltkarte; siehe Krausse / Lichtenstein 1999; McQuaid 2002; auch Jandl / Burns / Auer 1991; Davies 2005.
81 Vgl. Krausse / Lichtenstein 1999, S. 122–145.
82 Banham 1965, S. 74. Fuller leitete seine Präsentationen des «Dymaxion House» wohl gern mit dieser Frage an das Publikum ein.
83 Vgl. die Aussage von Jean Dalsace, zit. in: Frampton 1969, S. 79. «Maison de Verre» hat sich als Bezeichnung etabliert, ursprünglich hiess es konventionell nach der Bauherrschaft «Maison Dalsace».
84 Vgl. ebd., S. 77.
85 Vgl. Cheatle 2017, S. 193. Die Telefonkabine ist akustisch isoliert, aber nicht belüftet, was einen längeren Aufenthalt schwierig macht, wie die Autorin im Oktober 2013 selbst erfahren hat.
86 Zit. n. Hammerbacher / Keuerleber 2002, S. 111; siehe auch Joedicke / Plath 1968; Kirsch 1987.
87 Vgl. Hammerbacher / Keuerleber 2002, S. 25.
88 Zit. n. Kirsch 1993, S. 14.
89 Vgl. Gubler 1988, Bildtafel 13 (zu S. 184–185).
90 Vgl. Hammerbacher / Keuerleber 2002, S. 25.
91 Roth 1991 [1927], S. 26.
92 Le Corbusier 2001, S. 179.
93 Ebd.
94 «[T]he problem of sound insulation is rapidly becoming one of the first magnitude», heisst es bei Chrisler 1927, S. 255.
95 Chrisler / Snyder, Soundproofing of Airplane Cabins, 1929, S. 908.
96 Vgl. Engl 1939, S. 333–336.
97 Wedler 1952, S. 3; die in Deutschland nicht vorgesehene Schreibung von «Maße» mit «ss» folgt dem Original.
98 Siehe Eisinger 2004, S. 189–255.

99 Vgl. Bovet 1963, S. 193.
100 Meili 1985, S. 51.
101 Füeg / Waltenspühl 1989, S. 35. Zur Baurationalisierung siehe auch S. v. Fischer, Module, Systeme, Normen, 2008.
102 Nach Meinungsverschiedenheiten einigten sich die Roths mit Marcel Breuer, dass in der Schweiz Alfred und Emil Roth als Architekten der Doldertalhäuser zeichneten und Marcel Breuer nur in ausländischen Publikationen als Mitautor aufgeführt wird; vgl. die diesbezüglichen Unterlagen im gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Alfred Roth, Korrespondenz 131-024, teilweise publiziert in: Rüegg 1996, S. 147–148.
103 [Roth] 1936, wiederabgedruckt in: Rüegg 1996, S. 139–144. Siehe auch die nahezu identische Formulierung in: Roth / Roth [/ Breuer] 1936, S. 290.
104 [Giedion] 1935, S. 29.
105 Osswald 1939, S. 31.
106 Roth 1991 [1927], S. 6–7. Werner Oechslin bezeichnet das Manifest der «Cinq Points» als Le Corbusiers einziges in sich abgeschlossenes Werk, das den klassischen Funktionen einer Architekturtheorie gerecht werde: siehe Oechslin 1987 (mit einem Nachdruck des Manuskripts).
107 Roth / Roth [/ Breuer] 1936, S. 290.
108 Roth 1975 [1940], S. 60.
109 Vgl. Furrer 1938.
110 Osswald 1933, S. 30; dagegen Pfeiffer 1938, S. 219.
111 Im Jahr 1934 wurde kein Telefonbuch publiziert, womit die Eingabe für den Eintrag vermutlich im Jahr 1933 erfolgte.
112 Inserat in der *SBZ*, zum Beispiel am 7. Januar 1939 (113 [1939], Nr. 1, Anz.-S. 2), 4. Mai 1940 (115 [1940], Nr. 18, Anz.-S. 3), 6. Juli 1940 (116 [1940], Nr. 1, Anz.-S. 2), 7. September 1940 (116 [1940], Nr. 10, Anz.-S. 2) und 2. November 1940 (116 [1940], Nr. 18, Anz.-S. 2).
113 Inserat in der *SBZ*, zum Beispiel am 4. Februar 1939 (113 [1939], Nr. 5, Anz.-S. 2), 2. März 1940 (115 [1940], Nr. 9, Anz.-S. 2), 1. Juni 1940 (115 [1940], Nr. 22, Anz.-S. 2) und 7. Dezember 1940 (116 [1940], Nr. 23, Anz.-S. 2).
114 Vgl. Pestalozzi 1938.
115 Ebd., S. 108; Hervorhebung im Original.
116 Ebd., S. 109–110.
117 Die Neue Architektur, 1939, S. 293.
118 Le Corbusier 1947, S. 10; Übersetzung der Autorin. Zur Unité in Marseille siehe zum Beispiel auch Le Corbusier, *Unité d'habitation* 1983; Jenkins 1993; Sbriglio 2004; Janson / Krohn 2007; Rüegg 2015.
119 Le Corbusier 1947/1948, S. 51.
120 Le Corbusier 1947, S. 11.
121 Vgl. Sumi 1989, S. 32 und S. 48.
122 «Un patin de plomb sous goussets évite les conductions phoniques.» Prouvé 1990, S. 188. Siehe auch Prouvé 1995, S. 72. Aus Prouvés Vorlesungen lässt sich die Idee der schweren Bleieinlagen dabei bis ins Jahr 1944 zurückverfolgen; siehe Prouvé 1990, S. 186. Eine Teilfassung von Jean Prouvés Vorlesungen erschien bereits 1983 anlässlich der Ausstellung *Jean Prouve. L'imagination constructive*; siehe Levasseur / Prouvé 1983.
123 Vgl. Corbusier 1947/1948, S. 107.
124 Vgl. ebd., S. 19.
125 Vgl. Krohn 2007, S. 8. Krohn verweist hier auf den 1949 in der Nr. 85–86 von *L'Architecture Française* veröffentlichten «Rapport du Conseil Supérieur d'Hygyiène de France» von Maurice Puteaux.
126 «Monsieur Le Corbusier, je ne me sens pas bien, mon cœur flanche, je ne sais pas si je pourrai être là cet après-midi. Dans ce cas voulez-vous demander à Maissonier de vous mettre au courant de la question d'insonorisation telle qu'elle se pose en ce moment à Marseille. C'est, actuellement, la question la plus importante concernant l'Unité. Elle peut entrainer la victoire ou l'échec. Il faut que vous l'examinez de très près. Respectu-

eusement vôtre, Simone W.» Simone Wogenscky, Notiz für Le Corbusier, o. D., FLC Paris, Unité d'habitation, Marseille, 1950, Correspondences, O1–4, Insonorisation, No. 109. – Die frühesten Dokumente betreffend Simone Wogenscky im Archiv der FLC stammen aus dem Jahr 1946. Wogenscky wird auch in einer Biografie über Charlotte Perriand von Jacques Barsac erwähnt, wobei hier nicht zuletzt die Konkurrenzsituation zwischen Perriand und «Madame Wogenscky» thematisiert wird; vgl. Barsac 2005, S. 296. Im Januar 1950 reichte Simone Wogenscky ihre Kündigung ein, im April 1952 heiratete André Wogenscky neu; vgl. Bloch-Champfort 2006, S. 119, zu André Wogenscky siehe auch Pély-Audan 1993.

127 Vgl. Sitzungsprotokoll, 3. Februar 1950, 3 S., FLC Paris, Unité d'habitation, Marseille, 1950, O1–4, Insonorisation, No. 118. Das Briefpapier der Firma Isover nennt, weiss auf grauem Grund, unter ISOVER in kleinerer Schrift auch die Mutterfirma Saint-Gobain.

128 Ebd., S. 3; Übersetzung der Autorin.

129 Vgl. Rapport de Mr. Candilis, Isolation des Appartements, 2. Juni 1950, 4 S. [S. 4], archiviert im Anhang zu einem Brief von J. Pezzoli (Isover-Saint-Gobain) an Monsieur Wogenscky vom 30. Mai 1950, FLC Paris, Unité d'habitation, Marseille, 1950, O1–4, Insonorisation, No. 113.

130 Die vier vorgeschlagenen, stärker schallisolierenden Massnahmen waren «Laine de verre super-quadruple + papier goudronné», «Laine de verre super-quadruple FRI + papier goudronné», «Papier goudronné» und «Isolation par feutre asphalté + laine da verre». Ebd. [S. 3].

131 Plan d'isolation phonique plafonds, 20. Oktober 1950, plan 33622, FLC Paris, Unité d'habitation, Marseille, 1950, Plan Nr. 317.

132 Zit. n. Sbriglio 2004, S. 177.

133 Vgl. Weidmann 2001, S. 97.

134 Diese Anpassungen in den Gesetzesgrundlagen begannen in Deutschland während der 1950er Jahre, in der Schweiz etwa zehn Jahre später.

135 Vgl. Krohn 2007, S. 10. Krohn verweist ebd., S. 17, auf zwei britische Publikationen aus den Jahren 1951 und 1953.

136 Anzeige der Firma ProMonta-Plattenwerk unter der Überschrift «Corbusier, Romeo und Julia», in: Bächer u. a. 1962, o. S. Das Unternehmen ProMonta erwähnte ebd. auch, dass es bei Hans Scharouns beiden Stuttgarter Wohnhochhäusern «Romeo und Julia» aus der gleichen Zeit eine ähnlich grosse Menge schalldämmender Trockenbauwände verbaute.

137 Vgl. Dörhöfer 2000, S. 30–33.

138 M[arita] Gutjahr, Die Wohnung von morgen, in: *Berliner Morgenpost*, 30. Juni 1957, S. 43, abgedruckt in: Dörhöfer 2000, S. 32.

139 Weström 1959, S. 14. Weströms Beitrag ist in der ihrem Werk gewidmeten Monografie wiedergegeben, dort allerdings nur gekürzt und mit «Die Technologie des richtigen Wohnens» neu betitelt; siehe Dörhöfer 2000, S. 114–115.

140 Weström 1959, S. 14.

141 Ebd. Weström forderte hier auch «Hilfsmittel, um die Schalldämmung der Gewebe zu bestimmen», ohne allerdings zwischen Dämmung (Isolierung) und Dämpfung (Absorption) zu differenzieren.

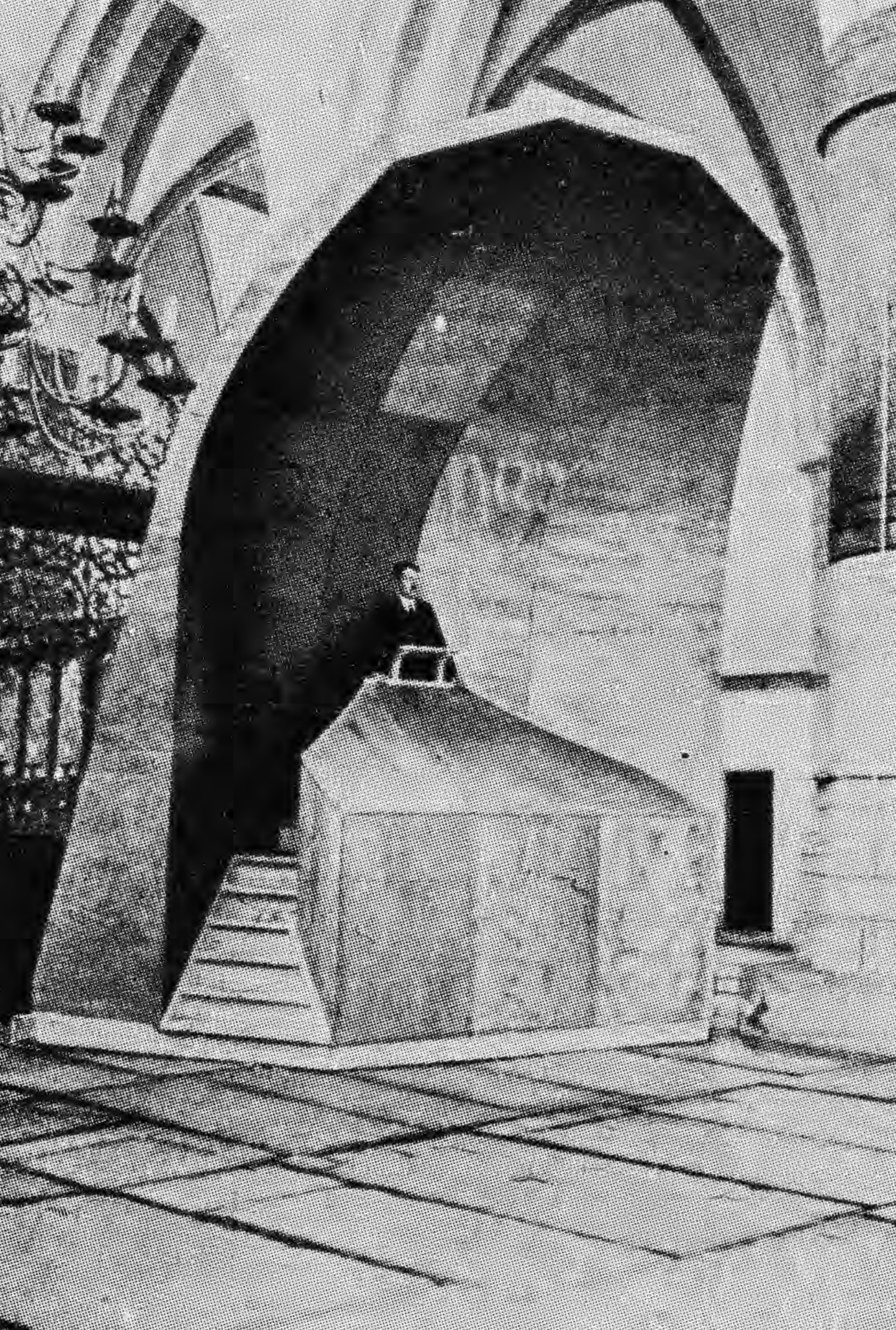
142 Ebd. In der gekürzten Wiedergabe des Vortrags in Dörhöfer 2000, S. 114, lautet der Satz: «Sie ergaben, daß die Schalldämpfungsfähigkeit der Teppiche bei 50–60 Dezibel lag, also gleiche Werte wie akustisch wirksame Spezialmaterialien aufweisen und somit eindeutig zu einem akustisch nutzbaren Material werden.»

143 Lauber 1953, S. 277.

144 Ebd. Der Untersuchungsbericht der PTT, den Lauber hier auf gut einer Zeitungsspalte zusammenfasste, liegt im Empa-Archiv (Empa-Ak Dübendorf, Signatur A1-98).

145 Arendt 2013 [engl. 1958], S. 48.

# Übertragung: Akustik als Argument



# Völkerverständigung, wörtlich genommen

> [D]er Architekt hat nun die Wände, Decken und Galerien zu einer zweckmässigen und schönen Form aufzubauen, wobei wir bewussterweise die Zweckmässigkeit voranstellen, denn, um nocheinmal daran zu erinnern, *Verständigung* ist doch der Endzweck!»
>
> Franz Max Osswald, «Zum Problem der Akustik im grossen Versammlungs-Saal des Völkerbund-Gebäudes in Genf», 1927 [1]

Diplomatische Verständigung war für den nach dem Ersten Weltkrieg gegründeten Völkerbund die Grundlage seines politischen Programms. Akustische Verständigung war hierfür (unter anderem) eine technische und bauliche Voraussetzung, wie Franz Max Osswald 1927 in der *SBZ* betonte. Das proklamierte Ziel der Sociéte des Nations bestand darin, für internationale Sicherheit zu sorgen und Weltfrieden zu schaffen.

1919 wurde in Paris das Völkerbundstatut unterzeichnet. Die Wahl für den Hauptsitz der neuen Organisation fiel auf Genf, und hier auf das frisch sanierte Hôtel National, ein repräsentatives Grandhotel am Genfersee. Von 32 Staaten ins Leben gerufen, im Wesentlichen den Siegermächten des Ersten Weltkriegs, nahm der Völkerbund in rascher Folge zahlreiche neue Mitglieder auf, so noch 1920 die Schweiz, 1926 auch das Deutsche Reich. Nur die Vereinigten Staaten waren nie beigetreten.

Anfangs war für die grossen Versammlungen ein einfacher Plenarsaal als Anbau an das Sekretariat im Hôtel National, das 1924 nach dem kurz zuvor verstorbenen amerikanischen Präsidenten in «Palais Wilson» umgetauft worden war, vorgesehen. Dafür wollte der Völkerbund auf einem angrenzenden Grundstück einen Wettbewerb organisieren, für die «Errichtung eines dauerhaften Bauwerks ohne unnötigen Luxus».[2] Dies entwickelte sich dann aber zu einem drei Jahre lang andauernden Prozedere, das als umstrittenster Architekturwettbewerb für einen Gebäudekomplex im 20. Jahrhundert in die Architekturgeschichte eingehen sollte und in heftigen Auseinandersetzungen um die angemessene Repräsentation, Monumentalität und Grösse eines solchen Baus endete.

Im April 1926, nachdem die Planungen auf eine grösseres Gelände mit Seesicht und Uferanstoss verlegt wurden, verabschiedete die Jury das

**4.01 Schallreflektoren, auch als Kanzelhimmel bezeichnet, richteten den Schall in grossen, hohen Kirchenräumen zu den Zuhörern: von dem Architekten Johan Pieter Fokker für die Haarlemer Sint-Bavo-Kathedrale entworfenes hyperbolisches Paraboloid. Aufnahme aus einem Artikel seines Bruders Adriaan Daniël Fokker von 1930.**

definitive Wettbewerbsprogramm für den «Palais des Nations», einen «Palast» mit einem grossen Versammlungssaal im Zentrum, in dem Platz sein sollte für fast 2700 Vertreter und Besucher. Allerdings unterschätzte bereits die Wettbewerbsausschreibung das Problem der Saalakustik. In der Folge vernachlässigten viele der eingegebenen Beiträge wie auch später die Jury diesen Aspekt. Nach Osswald erfüllte kein einziges Projekt den «Endzweck» der Verständigung.

Auch wenn die Architekturgeschichte bisher nur selten darauf eingegangen ist: Bei kaum einem anderen Projekt der modernen Architekturgeschichte wurde die Frage der Akustik mit einer solchen Vehemenz debattiert wie beim Völkerbundwettbewerb. Der Grund dafür waren die teilweise enormen Saalvolumen, zuweilen von den Ausmassen des Pantheons, mit welchen die Architekten eine repräsentative Umgebung für den mit nicht eben bescheidenen Zielsetzungen gegründeten Völkerbund schaffen wollten. Auf der anderen Seite standen die Fürsprecher der Moderne. Mit dem Argument, dass zu grosse Dimensionen die akustische Aufgabe der Architektur behinderten, verknüpften einige von ihnen Funktion, Zweckmässigkeit und Akustik so miteinander, dass sie interessanterweise den Einsatz von Lautsprechern für unmöglich erklären mussten. Am prominentesten tat dies Sigfried Giedion, der so weit ging, den Versammlungssaal 1927 als «einziges Hörrohr» zu bezeichnen.[3] Und auch später, als die Radio- und Lautsprechertechnik schon zum integralen Teil jeder Privatwohnung geworden war, verschwand Giedions Skepsis gegenüber der elektroakustischen Schallübertragung nicht.

**Sprachverständlichkeit, diplomatisch und akustisch (1926)**

Der Wettbewerb für den neuen Hauptsitz des Völkerbunds mit seinem strahlkräftigen politischen Programm für eine erst noch zu definierende Internationalität war ein Aufbruch in eine moderne Diplomatie, für welche die Architekten keine fertigen Antworten bereithielten. Schon die Ausgangslage als «erste internationale Konkurrenz für einen überstaatlichen Repräsentationsbau, der eine zunehmend nationalistischer werdende Völkergemeinschaft symbolisieren sollte», beinhaltete kaum einzulösende Bedingungen.[4] Statt zu einem Konsens über ein Siegerprojekt zu gelangen, folgte eine Ratlosigkeit und mit ihr ein argumentatives Vakuum, in welcher die Akustik eine bisher nie da gewesene Präsenz in Fachpresse und Tageszeitungen erreichte.[5]

Am 25. Juli 1926 wurden die grossformatigen, luxuriösen Mappen mit dem Wettbewerbsprogramm gedruckt und nach einem peniblen Zeitplan

verschickt, damit diese in allen Mitgliedsländern rund um die Welt am selben Tag eintrafen.[6] Es galt, am Genfer Seeufer einen Gebäudekomplex mit umfangreichem Programm zu projektieren. Das Zentrum der Anlage sollte ein grosser Versammlungssaal für die internationale Verständigung werden, mit Plätzen nicht nur für den Präsidenten und die Redner (mit 25 veranschlagt) sowie 400 Delegierte, sondern auch für 400 Sekretäre, 250 Diplomaten, 600 Presseleute und ein tausendköpfiges Publikum – also für insgesamt 2675 Personen. Dabei war pro Person eine Fläche von 2,4 Quadratmetern vorgesehen. Dass in einem Auditorium annähernd von den Dimensionen eines Fussballfeldes ein Sprecher von über 2000 Zuhörern verständlich wahrgenommen werden könnte, sprengte in den 1920er Jahren den Massstab bekannter architektonischer Lösungen. Nicht nur der Nachhall bei einem solchen Raumvolumen, sondern bereits die Distanzen zwischen Redner und Publikum liessen einen Sprechsaal dieser Grösse als kaum realisierbar erscheinen. Und als ob das Problem in der Tat zu kompliziert zu diskutieren wäre, berührten auch die bisher vorgelegten umfangreichen Forschungen zum Völkerbundwettbewerb die Argumente zur Akustik allenfalls beiläufig.[7]

Bis zum 27. Januar 1927 reichten 377 Architektenteams die verlangten 18 Plantafeln, den Baubeschrieb in französischer Sprache und den Kostenvoranschlag zur Jurierung ein. Dank einer in letzter Minute erteilten Baubewilligung wurde für die Ausstellung der Wettbewerbseingaben neben dem «Palais Electoral» in Genf ein provisorischer hölzerner Annexbau errichtet. Dort trat das Preisgericht aus neun renommierten europäischen Architekten am 13. April vor den ausgehängten Plänen, die sich über eine Gesamtlänge von über sechs Kilometern erstreckten, zusammen.[8] Nach sechs Wochen und einem wahren Beratungsmarathon veröffentlichte das Gremium am 5. Mai 1927 dann seinen Abschlussbericht: Keines der eingegebenen Projekte konnte zur Ausführung empfohlen werden.

Deshalb verteilte die Jury die Preissumme von 165 000 Schweizer Franken auf neun gleichrangige erste Preise (jeweils 12 000) und ebenfalls gleichrangig auf jeweils neun mit einer ersten (3800) und zweiten (2500) Anerkennung, womit es also nicht weniger als siebenundzwanzig Preisträger gab (Abb. 4.02). Nach der Prüfung der «architektonischen und künstlerischen Qualitäten» war die Jury zu ihrem «äussersten Bedauern» zu dem Schluss gekommen, dass ein grosser Teil der Wettbewerbsteilnehmer die «materiellen Bedingungen, welche Programm und Reglement verlangt hatten», nicht ernst genug genommen hatte. Die grundlegend unterschiedlichen Voraussetzungen, unter denen die Teilnehmer die Aufgabe zu lösen

4.02 Keiner der beim Wettbewerb um den neuen Hauptsitz des Völkerbunds eingereichten Entwürfe wurde zur Ausführung empfohlen, die Jury verteilte die Preissumme auf 27 Teilnehmer. Der Schweizer Juror Karl Moser stimmte für die Projekte Nr. 273 (Le Corbusier und Pierre Jeanneret, Schweiz), Nr. 241 (Paul Bonatz und Friedrich Eugen Scholer, Deutschland) und Nr. 152 (Hannes Meyer und Hans Wittwer, Schweiz). Tagebuchseite von Karl Moser.

versucht hätten, könnten höchstens durch «gegenwärtige» Entwicklungen in der Architektur erklärt werden.[9] Damit spielte der Jurybericht auf die verschiedentlich in die Kritik genommene Beaux-Arts-Tradition an.

Die Bekanntgabe der Wettbewerbsresultate entfachte in den Fachzeitschriften wie in den Tageszeitungen ein Feuer der Entrüstung über die Unfähigkeit der Jury, einen Konsens zu finden. Dem Völkerbund wiederum wurde von Architektenseite in vielen wichtigen Belangen hochgradige Planungsinkompetenz bescheinigt. So heisst es in einem nicht signierten Schreiben im Nachlass des Schweizer Jurors Karl Moser (1860–1936):

> Sie [die Preisrichter] weisen mit Nachdruck darauf hin, dass die unbedingt notwendige fachmännische Beurteilung der organisatorischen und technischen Anforderungen des Bauens bisher nicht in der nötigen, grundsätzlichen Weise erfolgen konnte – dies namentlich im Hinblick auf die technische Klarheit des Baues, die Vermeidung geschlossener Höfe, die Lösung der Zugangsverhältnisse, die Frage der Akustik des grossen Saales. Sie sind aber der Ansicht, dass diese Fragen nicht nachträglich gelöst werden können [...].[10]

Die bisherige Geschichtsschreibung fokussierte dabei, wie angedeutet, auf die architektonischen Stilfragen, die in Le Corbusiers Worten ein Erneuerungskampf zwischen «les académies» and «les autres» waren und in der

Forschung als «Querelle» zwischen den «Anciens» und den «Modernes» beschrieben sind, sozusagen als Wiederholung des gleichnamigen Literatur- und Kunststreits mehr als zweihundert Jahre zuvor.[11]

Le Corbusiers Engagement geschah allerdings weitgehend in eigener Sache. Er war einer der neun ersten Preisträger und nicht ausgewählt, an der Weiterbearbeitung eines Bauprojekts mitzuwirken. Also kämpfte er selber um die Möglichkeit einer Realisierung seiner Idee – und er bekam prominente Unterstützung: In Frankreich zeichneten 1928 vierundachtzig Persönlichkeiten des öffentlichen Lebens, darunter Komponisten, Regisseure und Schriftsteller aus dem In- und Ausland die «Manifestation des savants, des industriels, des poètes, des financiers en faveur du projet le Corbusier et Pierre Jeanneret».[12]

Die in der historischen Modernediskussion im Vordergrund stehenden Projekte von Le Corbusier und Pierre Jeanneret, von Hannes Meyer und Hans Wittwer oder von Rudolph Schindler und Richard Neutra, die im Folgenden mit Blick auf ihre jeweilige akustische Konzeption noch genauer beleuchtet werden, blieben im weiteren Planungs- und Bauverlauf für den Hauptsitz des Völkerbunds bekanntlich unberücksichtigt. Stattdessen kam – ohne Zutun der Jury – eine Gruppe von fünf der neun mit dem ersten Preis ausgezeichneten Architekten und Architektenbüros zum Zug.[13] Deren ursprüngliche Projekte waren allerdings in verschiedenster Weise einer Art von Monumentalität, die sich in schierer Grösse ausdrückte, verpflichtet und wurden deshalb auch den akustischen Herausforderungen in keiner Weise gerecht. Letztlich endete der Wettbewerb so nicht nur in einem massiv anmutenden Konglomerat historistischer Formensprachen, sondern auch in einem langwierigen Prozess der Weiterbearbeitungen.

Um es vorwegzunehmen: Im September 1937 wurde schliesslich die erste Herbstsession des Völkerbunds abgehalten, in einem Auditorium von 19 000 Kubikmetern Grösse mit 1540 Plätzen, also bedeutend kleineren Dimensionen als im Wettbewerbsprogramm veranschlagt. Auf den Einbau von Lautsprechern hatte man zunächst verzichtet.[14]

In der *SBZ* war schon zehn Jahre zuvor, nach Bekanntgabe der Juryresultate, die rhetorische Frage gestellt worden, ob für diese Bauaufgabe ein Projekt das richtige sein könne, «das mit der empathischen, pompösen Geste der Monumentalbauten auftritt, die den Palästen absoluter Könige vergangener Zeiten angemessen war». Die Alternative dazu wäre «ein Gebäude, das weniger pathetisch, aber menschlicher, bescheidener, klarer ist, das selber nicht herrschen, sondern bescheiden der gemeinsamen Aufgabe dienen will.»[15] Der nicht signierte Beitrag griff sichtlich den Zeitgeist des Neuen Bauens

auf. Ein bald darauf folgender Text des damaligen *SBZ*-Mitarbeiters Peter Meyer (1894–1984) differenzierte dann noch ganz explizit zwischen einer «wohldurchdachten Zweckmässigkeit» und einem «Zweckfanatismus», dies als Kritik an Hannes Meyers und Hans Wittwers Völkerbundprojekt.[16] Sigfried Giedion als noch junge, aber bereits prominente Stimme in den deutschsprachigen Medien, hatte bei alldem schon während der ersten Sitzungen des Preisgerichts in mehreren Zeitungsbeiträgen in seinen Fürsprachen für Le Corbusiers Projekt auf das akustische Argument verwiesen, worauf bald noch genauer eingegangen wird.

Wie bei der Stilfrage bauten die sehr unterschiedlichen Wettbewerbseingaben dabei auch in Sachen Funktion und vor allem in Sachen Akustik auf teilweise entgegengesetzten Prämissen auf: Sollte die Übertragung der Reden über die Form der Wände, Decken und Galerien gewährleistet werden, wie Osswald es im eingangs angeführten Zitat forderte? Oder war die Zeit reif für elektrotechnische Massnahmen wie die Nutzung von Grosslautsprechern und Tonverstärkern, die ja immerhin seit Mitte des 19. Jahrhunderts in Entwicklung waren und zum Zeitpunkt des Wettbewerbs bereits in anderen Grossräumen erprobt wurden?[17]

So testeten gleichzeitig mit den zahlreichen Sitzungen der Jury in Genf im April und Mai 1927 Akustiker im Kölner Dom den Einsatz von Grosslautsprechern. Aufgrund der «ausgesprochene[n] Überakustik» im Dom, so ihr Fazit, erfordere die Platzierung der Lautsprecher besondere Sorgfalt.[18] Einem Bericht der *Kölnischen Volkszeitung* zufolge wurde dabei vom Hersteller der Lautsprecher Siemens & Halske «gerade auf die Wiedergabe der persönlichen Stimmfärbung des Sprechers größter Wert gelegt. Wie die Versuche gezeigt haben, ist dieses Ziel bei der Großlautsprecher-Blatthalleranlage voll und ganz erreicht.»[19]

Tatsache war jedoch, dass es in einem derart grossen Versammlungssaal, wie für den Völkerbund projektiert, auch mit den besten Schallreflektoren nicht möglich war, eine Rednerstimme bis in die letzten Reihen zu projizieren. Und die Lautsprechertechnik war 1927 – dem enthusiastischen Bericht über die Kölner Versuche zum Trotz – kaum so weit, dass mittels elektrischer Verstärkung der Schallsignale eine gute Sprachverständlichkeit und ein angenehmer Klang hätten erreicht werden können. Zwar wurden Grosslautsprecher im Freien seit Jahren erfolgreich bei Sport- und anderen Publikumsveranstaltungen eingesetzt, mit Blick auf eine Nutzung in geschlossenen Räumen steckte die Technik allerdings noch in den Anfängen.[20] Neben den Verzerrungen und dem Rauschen, die die ersten Lautsprecherwiedergaben begleiteten, waren überdies die Sprechstimmen in

der Frühzeit der Mikrofontechnik unangenehm laut, wie es in Karl-Heinz Götterts *Geschichte der Stimme* dokumentiert ist.[21] Die Zukunftshoffnung, dass öffentliches Sprechen nicht mehr länger eine Art kultiviertes Schreien sein müsse, sondern dank Lautsprecherverstärkung auch in einer intimeren Stimmlage möglich sein könne, erfüllte sich erst später (wie wir heute wissen). Beim Bau des Völkerbunds war die Zeit längst noch nicht reif dafür.

Es war leider so, dass die Akustik im Bericht der Jury nicht einmal explizit erwähnt wurde, sondern nur einer der vielen Aspekte der «Disposition und Form der Räume, der Konstruktion, der harmonischen und logischen Entwicklung der Architektur» («de la disposition et de la forme des locaux, de la construction, du développement harmonieux et logique de l'architecture») im Gebäudekomplex des Völkerbunds war.[22]

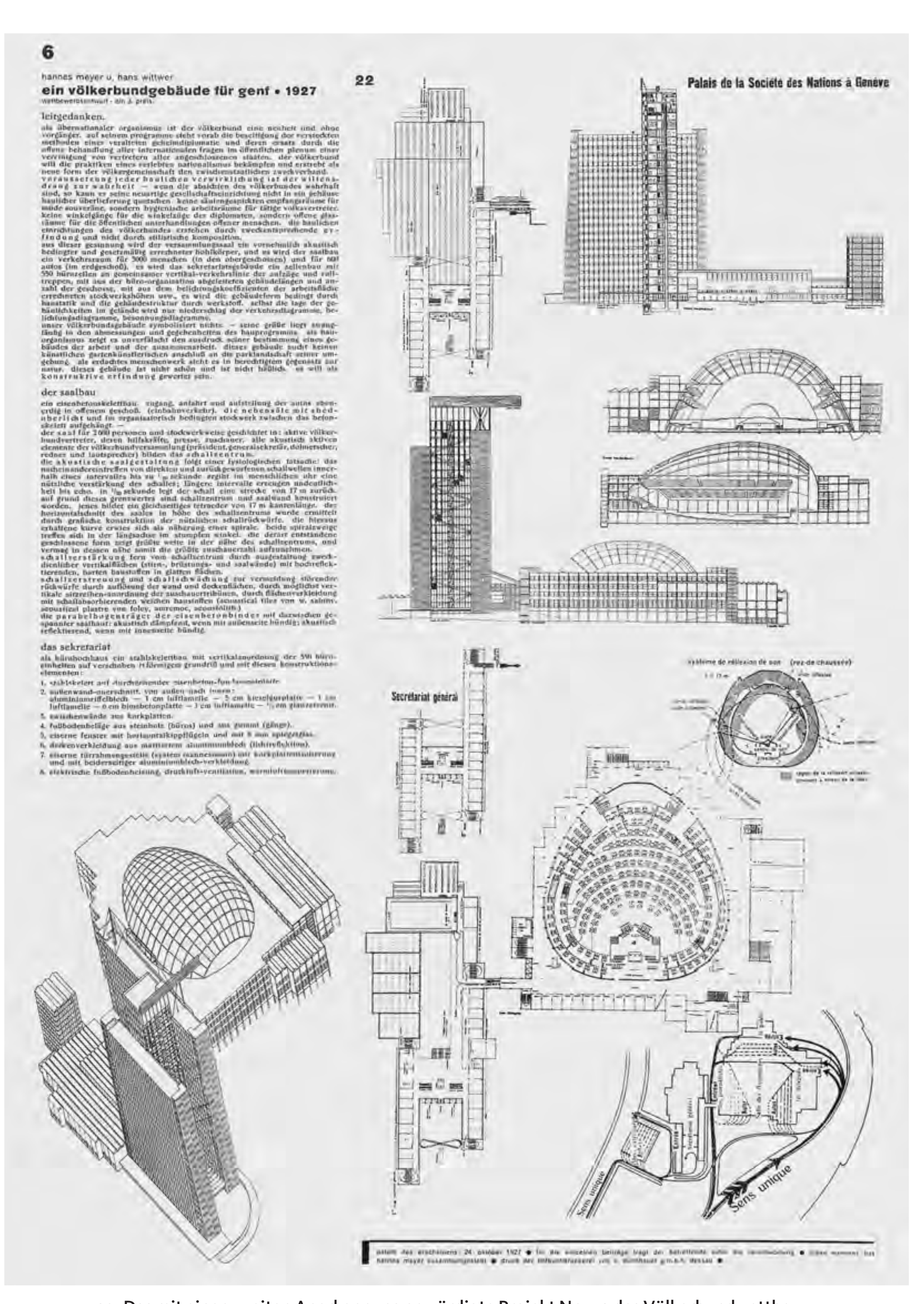
Die Gebrauchstauglichkeit des geplanten Plenarsaals hing eben nicht nur von seinem repräsentativen Charakter, dem die 377 Architektenteams grösste Aufmerksamkeit widmeten, sondern auch von der Sprachverständlichkeit der gehaltenen Reden ab. Das Problem war dabei hauptsächlich die schiere Grösse des Saals. Denn wie sollte es möglich sein, dass eine menschliche Stimme an jeder Stelle eines Saals von jeder der fast 2700 Personen zu hören war? Die Völkerverständigung war, wie gesagt, nicht nur eine diplomatische, sondern auch eine technische und bauliche Aufgabe. Repräsentation gleichermassen wie Gebrauchstauglichkeit forderten die Teilnehmenden des Architekturwettbewerbs aufs Höchste heraus.

Verschiedenste Experten gaben Ratschläge, die insbesondere hinsichtlich der Akustik kaum unterschiedlicher hätten sein können. Die Schwierigkeit, im Versammlungssaal mit den vorhandenen akustischen Möglichkeiten eine angemessene Sprachverständlichkeit zu erreichen, machte die Akustik im Herbst 1927 zu einem schlagenden Argument im Streit um die Frage, wer ein den Anforderungen gerecht werdendes Gebäude für den Völkerbund entworfen habe. Architektonische versus elektrische Verstärkung wurde zur Grundsatzdiskussion. In der Lautsprecherfrage gingen die Meinungen weit auseinander. Ob Töne durch den Körper der Architektur oder mit Hilfe elektrischer Lautsprecher verstärkt werden sollen, teilte die Architektenschaft 1927 in fortschrittsentschlossene Befürworter und nicht minder überzeugte Skeptiker elektrotechnischer Schallübertragung.

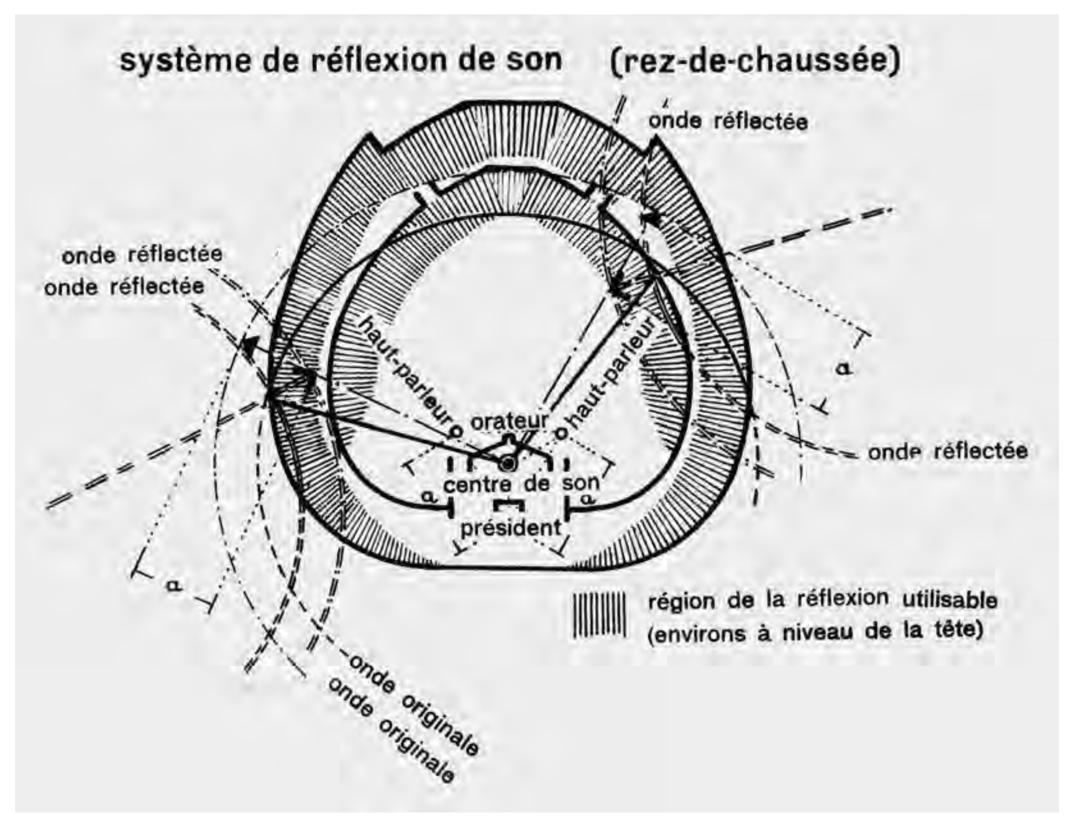
Einige unter den Architekten sahen überaus optimistisch vor, dass Grosslautsprecher die Reden bis in die hintersten Ecken des riesigen Plenarsaals übertragen, gleichzeitig mit Simultanübersetzungen in verschiedenen Sprachen. So hiess es im Beschrieb zum Projekt des Hamburger Architekturbüros Distel & Grubitz:

> Der enorm große Saal wird auch bei den günstigsten, akustischen Verhältnissen tote Stellen geben. Ein moderner, mit neuen Erfindungen versehener Großlautsprecher bietet den Vorzug, durch verteilte Lautsprecher bei vollkommener Gleichgültigkeit der Leitungslängen, auch die äußersten Stellen, wie Lagen, Ecken u.s.w. ohne Reflexwirkung verzehrungsfrei [gemeint: verzerrungsfrei] zu besprechen. Der Redner braucht nur mit normaler Lautstärke zu sprechen und wird bei Verwendung von mehreren Mikrophonen in seiner Bewegungsfreiheit nicht beeinträchtigt.
> […] An jedem Platz befinden sich Steckdosen, so daß der Abgeordnete die Übersetzung beliebig ins englische, französische oder deutsche übersetzt, mit Hilfe eines Kopfhörers abhören kann. Außerdem besteht die Möglichkeit, eine Lautsprecher-Rufanlage in allen in Frage kommenden Räumen einzuschalten, so dass Abgeordnete namentlich gerufen werden können.[23]

Die Eingabe von Distel & Grubitz blieb unprämiert. Andere Projekte, die eine Lautsprecherverstärkung im Plenarsaal vorsahen, waren hier erfolgreicher, so die Eingabe Nr. 152, eingereicht von dem bereits im Zusammenhang mit den Co-op-Modellwohnungen erwähnten Basler Hannes Meyer und seinem damaligen Partner Hans Wittwer (1894–1952) (Abb. 4.03). Die Eingabe für den Völkerbundkomplex war nach der Petersschule in Basel ihre zweite Zusammenarbeit, noch vor Meyers Berufung zum Meisterarchitekten an das Dessauer Bauhaus im selben Jahr. Im eiförmigen Auditorium unter den Parabelbogenträgern aus Eisenbeton zeichneten die Projektautoren das Schallzentrum, bestehend aus einem Redner und einer Gruppe von Lautsprechern (Abb. 4.04).[24] Die mit kleinen Kreisen markierten Lautsprechersymbole deuten an, dass diese als allseitig ausgerichtet konzipiert waren. Um dieses Schallzentrum konstruierten die Architekten ein gleichseitiges Tetraeder mit 17 Meter Kantenlänge. Dem Wunsch nach einer wissenschaftlich begründeten Architektur folgend, wurde der Entwurf mit Hilfe des Schweizer Mathematikers und Schachspielers Erwin Voellmy (1886–1951) berechnet. Auf Voellmys Expertise stützte sich das Basler Duo auch wieder bei ihrer im vierten Heft der Zeitschrift *bauhaus* veröffentlichten detaillierten Beschreibung der Schallrückwürfe an «hochreflektierenden, harten baustoffen mit glatten flächen»:




4.03 Das mit einer zweiten Anerkennung gewürdigte Projekt Nr. 152 des Völkerbundwettbewerbs, wie es der unterdessen ans Bauhaus berufene Hannes Meyer im Oktober 1927 in der vierten Ausgabe der Zeitschrift *bauhaus* präsentierte.




4.04 Der Schallverteilung vom lautsprecherverstärkten Schallzentrum in das grosse, eiförmige Auditorium widmeten Meyer und Wittwer in ihrem Projekt Nr. 152 viel Aufmerksamkeit.

der saal für 2600 personen und stockwerkweise geschichtet in: aktive völkerbundvertreter, deren hilfskräfte, presse, zuschauer. alle akustisch aktiven elemente der völkerbundversammlung (präsident, generalsekretär, dolmetscher, redner und lautsprecher) bilden das schallzentrum.
die akustische saalgestaltung folgt einer fysiologischen tatsache: das nacheinandereintreffen von direkten und zurückgeworfenen schallwellen innerhalb eines intervalles bis zu $\frac{1}{20}$ sekunde ergibt im menschlichen ohr eine nützliche verstärkung des schalles; längere intervalle erzeugen undeutlichkeit bis echo. in $\frac{1}{20}$ sekunde legt der schall eine strecke von 17 m zurück. auf grund dieses grenzwertes sind schallzentrum und saalwand konstruiert worden. jenes bildet ein gleichseitiges tetraeder von 17 m kantenlänge. der horizontalschnitt des saales in höhe des schallzentrums wurde ermittelt durch grafische konstruktion der nützlichen schallrückwürfe. die hieraus

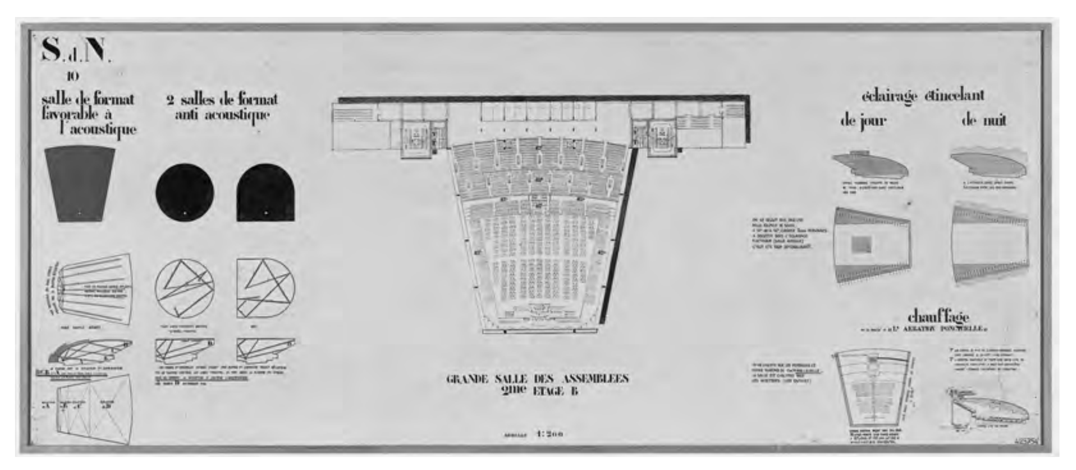
> erhaltene kurve erwies sich als näherung einer spirale. beide spiralzweige treffen sich in der längsachse im stumpfen winkel. die derart entstandene geschlossene form zeigt größte weite in der nähe des schallzentrums, und vermag in dessen nähe somit die größte zuschauerzahl aufzunehmen.[25]

Mit Begriffen wie Schallzentrum, Schallrückwürfe, Echogrenzen, Schallzerstreuung und Schallschwächung entwarfen Meyer und Wittwer die Vision einer scharf kalkulier- und kontrollierbaren Schallübertragung, die in der Grundidee an die in den 1920er Jahren vorangetriebene Grosslautsprecherforschung zwar angelehnt, der Realität der Lautsprechertechnik aber weit voraus war.[26]

Die im Rahmen des Völkerbundwettbewerbs erarbeiteten Visionen, Diskussionen und Polemiken um die elektroakustische Verstärkung machen offensichtlich, dass die akustischen Wissenschaften in den 1920er Jahren noch keine gefestigte Disziplin waren. Mit oder ohne Einsatz von Elektrotechnik – die junge Wissenschaft war für die in ihrem Verständnis modernen Architekten nach beiden Seiten hin anschlussfähig. So konnten andere Projekte die Unmöglichkeit einer Saalakustik mit Lautsprechertechnik ebenfalls mit wissenschaftlichen Methoden begründen, darunter auch der wohl meistdiskutierte Entwurf im Streit zwischen «des Anciens» und «des Modernes», Le Corbusiers und Pierre Jeannerets Wettbewerbsbeitrag Nr. 273.

Das Projekt Nr. 273 versprach, die Frage der Akustik des Versammlungssaals mit den Mitteln der Architektur zu lösen. Auf ihrer Wettbewerbstafel Nr. 10 wurde der eigene Entwurf mit konischem Grundriss und vom Schallzentrum nach hinten hochgewölbter Deckenform als «salle de format favorable à l'acoustique» gelobt, gegenüber kreis- und halbkreisförmigen Grundrissen, in welchen der Schall schlecht verteilt wäre («2 salles de format anti acoustique») (Abb. 4.05). Es war die Geometrie des Plenarsaals allein, die eine ebenmässige Schallverteilung zu allen 2700 Zuhörern garantieren sollte.

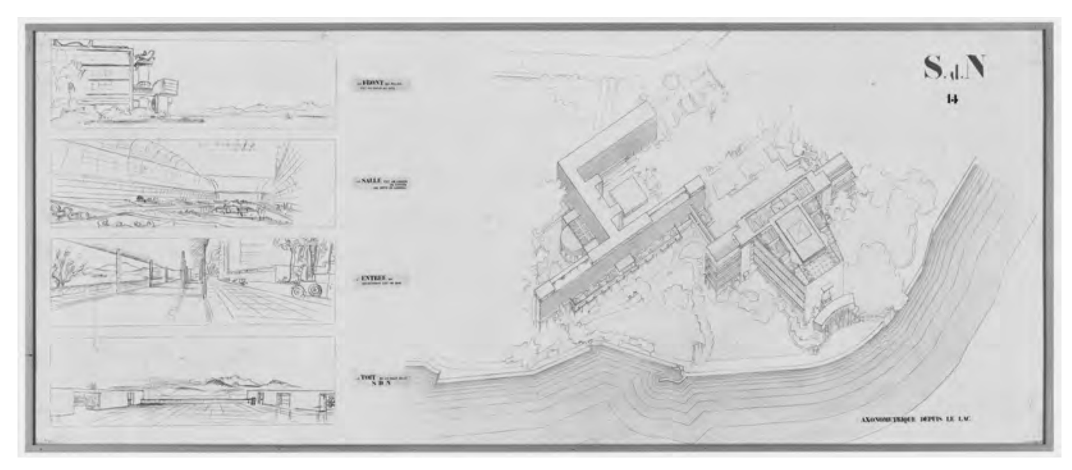
Le Corbusiers und Pierre Jeannerets den schematischen Zeichnungen beigefügten Erklärungen beschrieben, wie gleichwertig in akustischer Hinsicht die im Plan eingezeichneten Hörpositionen D, C, B und A dank der Reflexionen an Rückwand und Decke seien. Die Decke als Reflektor und Verstärker stellte die Saalform ins Zentrum der architektonischen Strategie für eine (Völker-)Verständigung im Grossen Versammlungssaal:




**4.05** **Der beim Völkerbundwettbewerb mit einem ersten Preis ausgezeichnete Entwurf Nr. 273 von Le Corbusier und Pierre Jeanneret stellte den eigenen «salle de format favorable à l'acoustique» zwei hypothetischen «salles de format anti acoustique» gegenüber.**

> Direkte Schallwellen, gerichtet:
> Die Projektor-Wand für die Schallwellen, verlängert durch den Decken-Reflektor.
> Jede Streuung des reflektierten Klangs bleibt parallel zur Wand.
> Es gibt keine Parasiten-Reflexionen.
> Die Decke dient als Reflektor und als Verstärker.
> D C B und A haben alle die gleiche Lautstärke.
> Alle Plätze sind gleich.
> (Ondes directes dirigées:
> Mur projecteur des ondes sonores prolongé par le plafond-réflecteur.
> Tous les pinceaux sonores réfléchis restent parallèles aux murs.
> Il n'y a pas de réflexions parasites.
> Le plafond sert de réflecteur et d'amplificateur.
> D C B et A ont tous la même force d'audition,
> Tous les places sont égales.) [27]

Der neue Saal des Völkerbundes in Genf solle «eine Kehle, ein Trommelfell und ein Gefäss aus Licht» («un gosier, un tympan, une boîte de lumière») werden, notierten Le Corbusier und Pierre Jeanneret auf der vierzehnten Tafel ihrer Wettbewerbseingabe (Abb. 4.06).[28] Die Architektur als Körper, das Auditorium als Töne erzeugender Kehlkopf und als Teil des menschlichen Hörorgans zugleich – mit diesen anthropomorphen Analogien nahmen die Architekten neuralgische Punkte der späteren Auseinandersetzungen



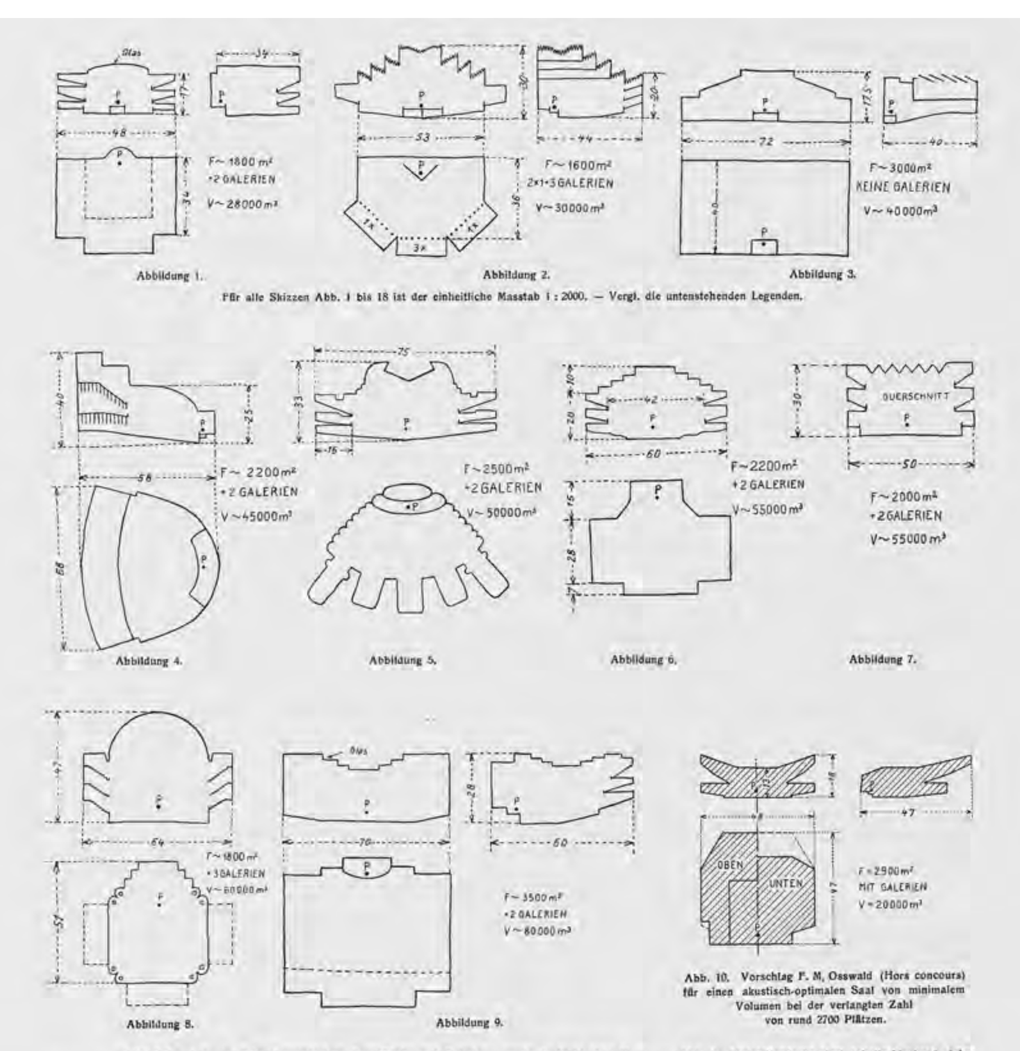
**4.06 «La salle est un gosier, un tympan, une boîte de lumière»: Die zweite Skizze links oben von Entwurf Nr. 273 nannte den geplanten Versammlungssaal für fast 2700 Zuhörer in Anlehnung an die menschlichen Hör- und Sprechorgane «Trommelfell» und «Kehle».**

vorweg: Der Bau selbst sei der Schallkörper, sprechend und hörend. Auch nach aussen kommunizierte er: An der Frontfassade erheben sich skulpturale Aufbauten – wie eine Art metaphorische Lautsprecherboxen – in Richtung des Genfersees.[29] In Frage gestellt wurden diese lyrisch formulierten Analogien indes schon durch die Wettbewerbsvorgaben für den Plenarsaal sowohl mit Blick auf den Massstab wie auch auf die verfügbare Technik.

Franz Max Osswald hatte bereits vor Bekanntgabe der Wettbewerbsresultate vom Juror Karl Moser von den Schwierigkeiten des Preisgerichts erfahren. In einer vertraulichen Mitteilung schrieb der schon zu Lebzeiten zu den «Vätern der Moderne» gezählte Architekt im April 1927 an den aufstrebenden Akustiker:

> Es ist aber fraglich, ob das Preisgericht Auftrag gibt zu akust. Expertisen, weil sich die Aussicht durchgerungen hat, dass für die Ausführung doch ein neues Projekt aufgestellt werden muss. Behandeln Sie diese letzte Frage ganz vertraulich! Mit colleg. Gruss KMoser[30]

Offenbar pflegte Osswald enge Kontakte zum Schweizer Vertreter im Preisgericht, der, so ist das Schreiben wohl zu verstehen, dessen fachmännischen Rat gern in Anspruch genommen hätte. Gut möglich, dass es auch Moser war, der für Osswald die Verbindung zur Architekturpresse und insbesondere zur *SBZ* herstellte, in der im Juli 1927 dessen umfassende Wettbewerbskritik mit dem Titel «Zum Problem der Akustik im grossen Versammlungs-Saal des Völkerbund-Gebäudes in Genf» erscheinen konnte.




Für alle Skizzen Abb. 1 bis 18 ist der einheitliche Masstab 1 : 2000. — Vergl. die untenstehenden Legenden.

Abb. 10. Vorschlag F. M. Osswald (Hors concours) für einen akustisch-optimalen Saal von minimalem Volumen bei der verlangten Zahl von rund 2700 Plätzen.

LEGENDE: Abb. 1: Sehr ökonomisch in Grundfläche und Galerien; maximale Sicht etwa 38 m. — Abb. 2: Stalaktitendecke stark schallschluckend, daher Lautheit gefährdet, sonst gute Form; ökonomisch. Säulenstellungen akustisch gut für Mittelraum, aber schallbremsend und sichtstörend für Galeriebesucher (I. Mention). — Abb. 3: Decke bestehend aus „Membranes étendues sur des cadrans métalliques et qui peuvent être réglées au degré de tension qui fournira les meilleurs résultats acoustiques“; sollten damit Jalousien gemeint sein, deren Neigung veränderlich ist, dann wäre dies akustisch beachtenswert. — Abb. 4: Mässig grosser Saal, Sichtweite kleiner als 50 m (I. Mention). — Abb. 5: Bemerkenswerter Grundriss mit seitlicher Nischenkette; Kombination von Oval und Parabel; Decke und Rillen in den Seitenwänden beachtenswert (Grundriss aus der Erinnerung gezeichnet). — Abb. 6: Mässig grosser Saal; Sicht bis 42 m. — Abb. 7: Massige, aber beachtenswerte Deckenrillung (aus der Erinnerung gezeichnet). — Abb. 8: Säulen in den Saalecken akustisch gut; die Kuppel wirkt aber als Echo-Herd; gewaltiges Volumen (prämiierter Entwurf). — Abb. 9: Typische Form, wie sie, mit Abwandlungen, vielfach vorgeschlagen worden ist; leicht eingesenkte Decke beachtenswert. Platzverschwendung. Sichtweite bis 55 m.

eine akustische Darbietung aus einer Kette von sukzessiven und verschiedenen Tönen, Sprachlauten, Silben oder Worten und Intervallpausen besteht, ist es klar, dass die vorangehenden Silben usw., nachdem sie das Ohr des Zuhörers erreicht und dort die gewünschte Wirkung erzielt haben, ebenfalls in nützlicher Zeit aus dem Saal wieder verschwinden müssen, um unzuträgliche Silben- usw. Ueberlappung zu vermeiden. Es gibt genug grosse Räume, in denen ein kurzer Schall von durchaus mässiger Stärke 5 bis 10, ja noch mehr Sekunden in stetig abfallender Intensität ausklingt. Bei mässig raschem Sprechtempo von 4 bis 5 Silben pro Sekunde bedeutet dies, dass dort ständig 20 bis 50, ja noch mehr vorangehende Silben mitklingen, von denen der Zuhörer (durch gesteigerte Aufmerksamkeit und Konzentration) die ältern Silben weitgehend ignorieren kann und auch muss; denn die neue Silbe hat ja das Hauptinteresse. Dieser Ausscheidungsprozess ist, je nach der Grösse der zu bewältigenden Ausscheidungsarbeit, ein direktes Mass für den „akustischen Komfort“, bezw. für das entsprechende Missbehagen.

— 2 —

4.07, 4.08 Franz Max Osswald kritisierte in seinem im Juli 1927 in der *SBZ* veröffentlichten Kommentar zu den Wettbewerbseingaben für den Plenarsaal des Völkerbunds verschiedene typische Lösungen und die damit verbundenen Probleme. Illustriert war sein Artikel mit «aus der Erinnerung» gezeichneten schematischen Skizzen.

CHARAKTERISTISCHE SAALFORMEN AUS DEM VÖLKERBUNDSGEBÄUDE-WETTBEWERB IN GENF 1927.

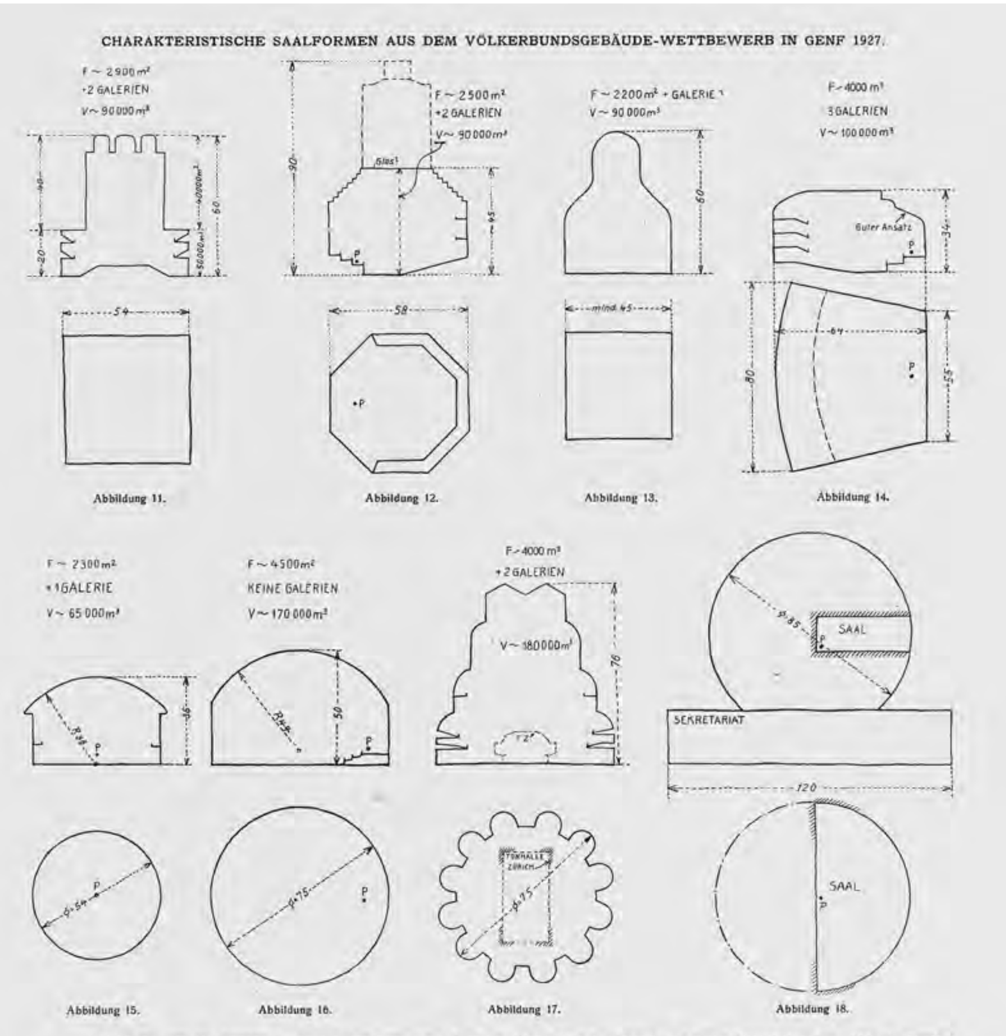



Abbildung 11. Abbildung 12. Abbildung 13. Abbildung 14.

Abbildung 15. Abbildung 16. Abbildung 17. Abbildung 18.

LEGENDE: Abb. 11: Turmbau, Schallwirbel begünstigend und Echosack. Warum nicht blos Unterteil mit ebener Glasabdeckung? — Abb. 12: Ebenfalls riesengrosser Turmbau; aus den Plänen ist nicht zu erkennen, ob der untere Teil mit einer Glasdecke abgeschlossen ist. — Abb. 13: Echo-Dom. Einzelheiten und Kommentar überflüssig (aus der Erinnerung skizziert) — Abb. 14: Raum-Verschwendung; Sicht bis über 60 m; Nachprüfung überflüssig. — Abb. 15: Panoramaartiger Bau mit dem bedauernswerten Redner im Brennpunkt sowohl des Grundrisses als auch des Vertikalschnittes; akustisch hoffnungslos, Sprechrichtung unbestimmt (I Mention). — Abb. 16: Volumen nach Angabe des Verfassers 170 000 m³. Der Verfasser rechnet die mittlern Oberflächen-Schallabsorptions-Koeffizienten nach Sabine's Formeln zu 0,488 pro m² aus, was unmöglich ist. Lautheit deplorabel; Dämpfungsvorhang direkt hinter der Rednertribüne: qualitativ wie quantitativ totale Verkennung der Akustik. — Abb. 17: Riesenbau mit kunstvollem Beton-Rippenwerk. Volumen mindestens 180 000 m³, eher 200 000 m³ (der zum Vergleich eingezeichnete grosse Saal der Tonhalle in Zürich hat ein Volumen von 11 000 m³). — Abb. 18: Kugelbau, nur der Kuriosität halber hier dargestellt; Unsinn oder Scherz?

Wollte man aber — was man auch durch geeignete Massnahmen weitgehend erreichen kann — das Nachhallen der vorangegangenen Silben völlig ausschliessen, so würde der Hörempfang zwar ein ausserordentlich präziser sein, aber die Musik oder die Sprache würden hart, leblos und leise tönen.

Eingehende Versuche haben übereinstimmend ergeben, dass für jede Saalgrösse, für jede Raumform und für jede Art der akustischen Darbietung, wie Rede, Musikarten usw. ziemlich eng begrenzte optimale Nachhalldauern gewährleistet sein müssen, die z. B. bei Parlamentsräumen von 5000 bis 15000 m³ Grösse unter 2 Sekunden liegen. Bei den in Genf zu erwartenden Raumvolumina des Saales dürften etwa 2 1/4 Sekunden die äusserst statthafte Nachhalldauer sein. Die Physik gibt uns nun reichlich Methoden, um die Nachhalldauer sowohl rechnerisch wie auch experimentell zu bestimmen. Auf die Einzelheiten hier einzugehen, würde zu weit führen; immerhin möge kurz angedeutet werden, auf welchem Gedankengang sich die Sache aufbaut.

— 3 —

Der achtseitige Beitrag war illustriert mit Osswalds zahlreichen, anlässlich seines Besuchs der Genfer Wettbewerbsausstellung angefertigten Skizzen (Abb. 4.07, 4.08). In den ausführlichen Bildunterschriften ging Osswald dabei auf die vorgeschlagenen Lösungen für die Saalarchitektur und ihre akustische Tauglichkeit ein. In vielen der eingereichten Wettbewerbsprojekte – das wird auch in Osswalds Skizzen deutlich – waren die riesigen Volumen des Versammlungssaals mit Kuppeln oder Deckengewölben überspannt. Osswald bemängelte in der Hauptsache die Raumgrössen, und zwar ungeachtet dessen, ob die Projektverfasser Lautsprecher vorgesehen hatten oder nicht. Zur Skizze eines «Parabel-Dom[s]», mit dem er sich möglicherweise auf Hannes Meyers und Hans Wittwers Projekt bezog, hiess es beispielsweise in der Bildunterschrift: «Wenn die Saalabmessungen nur ⅓ des Projektes wären, so wäre diese Parabel-Form diskutierbar.»[31] Noch stärker als auf die geometrische Form zielte Osswalds Kritik also auf die Probleme des Massstabs.

Weder in der Ausschreibung noch in den eingereichten Projekten habe man der Raumakustik die erforderliche Aufmerksamkeit geschenkt. So habe «die übergrosse Mehrzahl der 377 Wettbewerber der Lösung der akustischen Frage unsicher, ja hilflos» gegenübergestanden:

> Die Raumbemessung ist in eine phantastische Inflation ausgeartet; die mittlere Lautheit und ihre Verteilung sind in fast allen Fällen ganz unzureichend, handelt es sich doch hier nicht um einen Konzertsaal, wo das Orchester nach Bedürfnis mehrfach besetzt werden kann, oder wo der Orgelbauer die Zahl der klingenden Stimmen der Raumgrösse und Form anpassen kann, sondern um einen *Redner*-Raum zur Entfaltung einer einzelnen menschlichen Stimme, deren Energieabgabe von Natur aus beschränkt ist, und mit der schon in Räumen von weit unter 10 000 m$^3$ nicht haushälterisch genug umgegangen werden kann.[32]

Die Möglichkeiten einer Lautsprecherverstärkung verwarf der Bericht allerdings ebenso vehement:

> Solange […] die klangverzerrenden Defekte der Gross-Lautsprecher nicht ausserordentlich verbessert sind, sind Saalabmessungen und Anordnungen, wie sie in Genf zur Schau gestellt waren, verfrüht; sie müssten mit Sicherheit zu gründlichen und folgenschweren Misserfolgen führen.[33]

Obwohl Osswald die Wettbewerbsbeiträge gesamthaft für ihre unzulängliche Akustik scharf kritisierte, lobte er «das weitaus interessanteste und in der Gesamtauffassung hervorstechende Projekt» von Le Corbusier und Jeanneret – ob diese Worte allerdings von Osswald selbst oder von der Redaktion stammen, bleibt angesichts des verlorengegangenen Manuskripts offen.[34] Eindeutig ist lediglich, dass die Schweizer Architekturkritiker bei der Beurteilung von Le Corbusiers und Jeannerets Projekt eine gewisse Nachsicht walten liessen, was die akustische Funktion betraf, ja geradezu einen Enthusiasmus hervorkehrten, der die vorhandenen Probleme fast absichtlich übersah. Im schweizerischen Kontext wurde die zweckmässige Akustik zum Argument für eine Architektur, deren Funktionalität durch Geometrie und Massstab gegeben wäre, wie bei Le Corbusiers und Jeannerets (im Vergleich zu anderen Projekten) nicht allzu grossem Auditorium.

Etwas anders liest sich eine Übersetzung des Artikels ins Englische, die im Dezember 1928 in *The American Architect* publiziert wurde (Abb. 4.09, 4.10). In «The Acoustics of the Large Assembly Hall of the League of Nations, at Geneva, Switzerland», diesmal an ein internationales Publikum gerichtet und auf zehn Seiten verlängert, wird die Frage der Lautsprecherverstärkung deutlich differenzierter beleuchtet. Auch ist die Eingabe von Le Corbusier und Jeanneret hier nicht mehr die «weitaus interessanteste», sie ist «interesting»; es ist nicht mehr das «in der Gesamtauffassung hervorstechende Projekt», sondern «on the whole a better use of the idea of a parabolic reflecting ceiling».[35]

Im Gegensatz zur Publikation in der *SBZ*, wo allerdings vermutet werden kann, dass vor allem mit der wiederholten Betonung einer «Zweckmässigkeit» seitens der Redaktion eine architekturideologische Stossrichtung verfolgt wurde, war in *The American Architect* die redaktionelle Bearbeitung durch Paul E. Sabine in einem zentral platzierten Kasten auf der ersten Seite ausgewiesen. Osswalds amerikanisch bearbeiteter Beitrag ist frei von Seitenhieben gegen den Historismus und frei von Propaganda für die Moderne, dafür erklärt er die Ausgangslage des Wettbewerbs im Kontext der aktuellen architektonischen und akustischen Fragestellungen. Aus kritischer Distanz belehrt der Fachbeitrag die Architekten in akustischen Belangen, ohne dabei auf Stilfragen oder architektonische Polemik einzugehen. Er situiert die Debatten um künstliche Verstärkung differenziert im amerikanischen Kontext, wo die Pionierarbeiten zur Lautsprechertechnik bereits Fuss gefasst hatten.

Wichtig und aufschlussreich – sowohl in der *SBZ* als auch in *The American Architect* – sind bei alldem insbesondere die typologischen Analysen, die

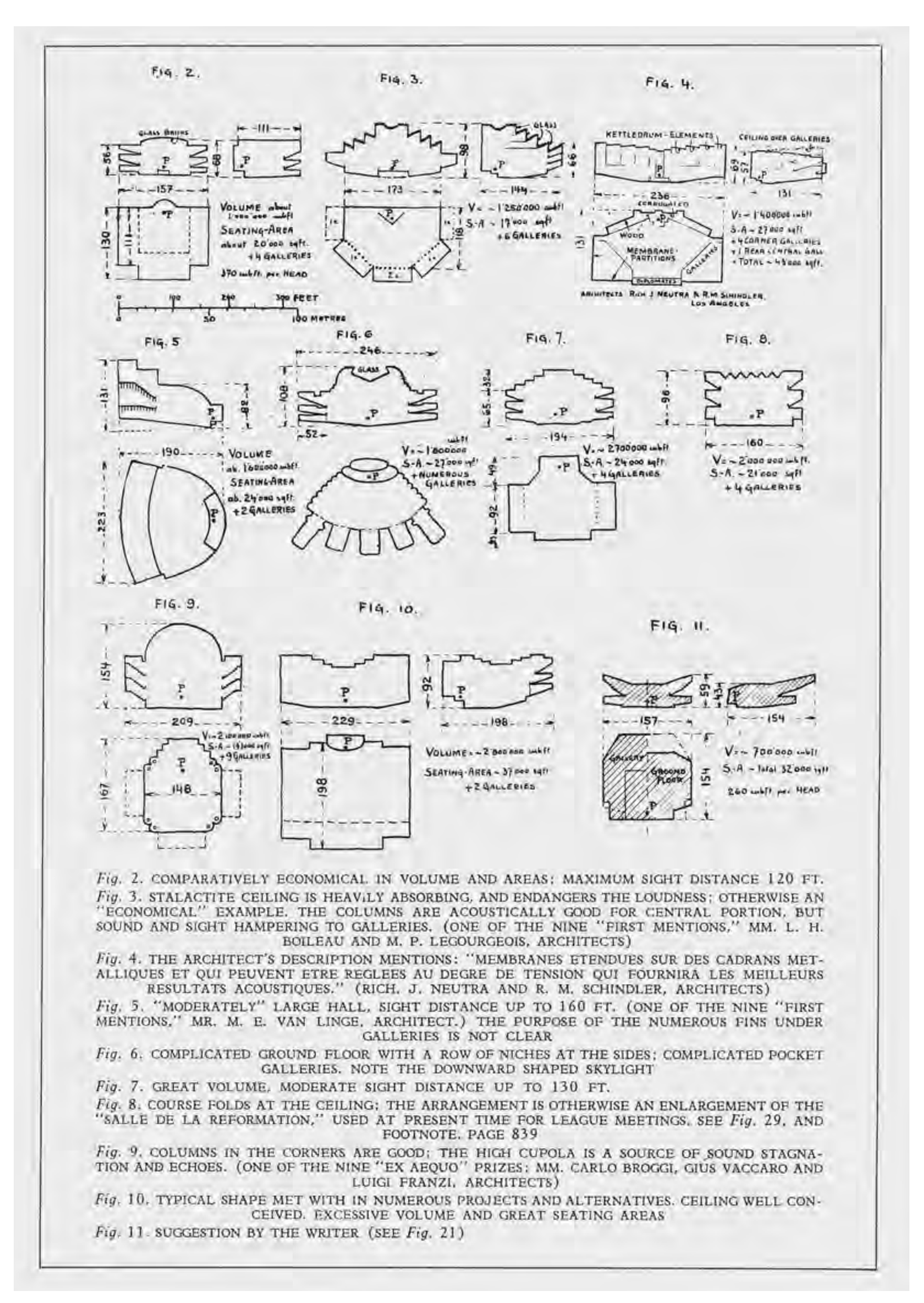


*Fig.* 2. COMPARATIVELY ECONOMICAL IN VOLUME AND AREAS; MAXIMUM SIGHT DISTANCE 120 FT.

*Fig.* 3. STALACTITE CEILING IS HEAVILY ABSORBING, AND ENDANGERS THE LOUDNESS; OTHERWISE AN "ECONOMICAL" EXAMPLE. THE COLUMNS ARE ACOUSTICALLY GOOD FOR CENTRAL PORTION, BUT SOUND AND SIGHT HAMPERING TO GALLERIES. (ONE OF THE NINE "FIRST MENTIONS," MM. L. H. BOILEAU AND M. P. LEGOURGEOIS, ARCHITECTS)

*Fig.* 4. THE ARCHITECT'S DESCRIPTION MENTIONS: "MEMBRANES ETENDUES SUR DES CADRANS METALLIQUES ET QUI PEUVENT ETRE REGLEES AU DEGRE DE TENSION QUI FOURNIRA LES MEILLEURS RESULTATS ACOUSTIQUES." (RICH. J. NEUTRA AND R. M. SCHINDLER, ARCHITECTS)

*Fig.* 5. "MODERATELY" LARGE HALL, SIGHT DISTANCE UP TO 160 FT. (ONE OF THE NINE "FIRST MENTIONS," MR. M. E. VAN LINGE, ARCHITECT.) THE PURPOSE OF THE NUMEROUS FINS UNDER GALLERIES IS NOT CLEAR

*Fig.* 6. COMPLICATED GROUND FLOOR WITH A ROW OF NICHES AT THE SIDES; COMPLICATED POCKET GALLERIES. NOTE THE DOWNWARD SHAPED SKYLIGHT

*Fig.* 7. GREAT VOLUME, MODERATE SIGHT DISTANCE UP TO 130 FT.

*Fig.* 8. COURSE FOLDS AT THE CEILING; THE ARRANGEMENT IS OTHERWISE AN ENLARGEMENT OF THE "SALLE DE LA REFORMATION," USED AT PRESENT TIME FOR LEAGUE MEETINGS. SEE *Fig.* 29, AND FOOTNOTE, PAGE 839

*Fig.* 9. COLUMNS IN THE CORNERS ARE GOOD; THE HIGH CUPOLA IS A SOURCE OF SOUND STAGNATION AND ECHOES. (ONE OF THE NINE "EX AEQUO" PRIZES; MM. CARLO BROGGI, GIUS VACCARO AND LUIGI FRANZI, ARCHITECTS)

*Fig.* 10. TYPICAL SHAPE MET WITH IN NUMEROUS PROJECTS AND ALTERNATIVES. CEILING WELL CONCEIVED. EXCESSIVE VOLUME AND GREAT SEATING AREAS

*Fig.* 11. SUGGESTION BY THE WRITER (SEE *Fig.* 21)

**4.09, 4.10** Zwei Seiten aus Franz Max Osswalds ins Englische übersetztem und dabei revidiertem Kommentar, der im Dezember 1928 in *The American Architect* abgedruckt wurde.

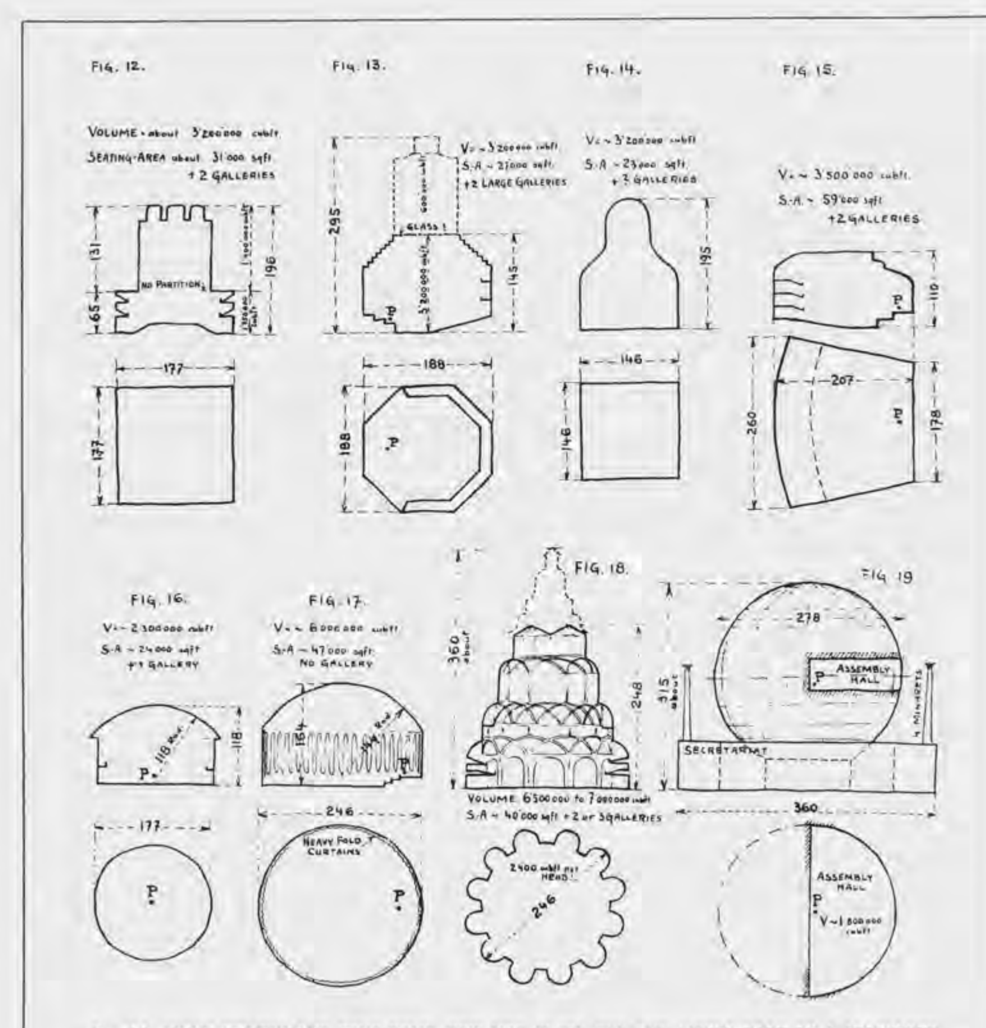



*Fig.* 12. SOUND VORTEX AND ECHO DOME. WHY NOT CLOSE OFF THE LOWER PART BY A STAGGERED GLASS CEILING WHEREBY THE VOLUME WOULD BE REDUCED TO NEARLY ONE HALF

*Fig.* 13. EXCESSIVE VOLUME: 1200 CUBIC FEET PER PERSON

*Fig.* 14. LAVISH ECHO DOME; DETAILS AND DISCUSSION ARE SUPERFLUOUS: NEARLY 200 FEET CLEAR HEIGHT

*Fig.* 15. ENORMOUS VOLUME; SIGHT DISTANCES UP TO 200 FEET. THE SHAPE OF THE CEILING OVER THE ROSTRUM IS WELL ARRANGED

*Fig.* 16. PANORAMA BUILDING; WITH THE SPEAKER IN THE FOCUS OF BOTH CYLINDRICAL WALLS AND CEILING CUPOLA: ACOUSTICALLY HOPELESS; INDEFINITE SPEAKING DIRECTION. (ONE OF THE NINE "FIRST MENTIONS," C. M. T. WILLIAMS-OLSSON, ARCHITECT)

*Fig.* 17. VOLUME, ACCORDING TO THE ARCHITECT'S DESCRIPTION: 6,000,000 CUBIC FEET; HE CALCULATES THE AVERAGE ABSORPTION COEFFICIENT AFTER SABINE'S FORMULA AS .488, WHICH IS EXTREMELY HIGH. HEAVY FOLDING CURTAINS ALL ROUND THE WALL, EVEN BEHIND THE ROSTRUM: SOUND INTENSITY VERY LOW; TOTAL MISCONCEPTION OF ACOUSTIC PRINCIPLES, IN BOTH QUANTITY AND QUALITY; ECHO DOME

*Fig.* 18. TREMENDOUS VOLUME BUILT OF ORNAMENTED CONCRETE RIBBED WORK. VOLUME APPROACHING 7,000,000 CUBIC FEET=2500 CUBIC FEET PER PERSON; CLEAR HEIGHT 250 FEET; MEAN FREE SOUND PATH OVER 110 FEET (1/10 SECOND) : MARVELOUS ECHOES MUST BE EXPECTED

*Fig.* 19. SPHERICAL BUILDING. THIS EXAMPLE IS REPRODUCED AS AN ARCHITECTURAL CURIOSITY, REMINDING ONE OF AN AMUSEMENT PARK STRUCTURE

Osswald zu den gut zwanzig in handgezeichneten Grundrissen abgebildeten Beispielen lieferte.[36] In der *SBZ* etwa erläuterte eine erste Zeichnungsserie die in Osswalds Beurteilung akustisch vorteilhafteren Projekte. Es sind meist kleiner gehaltene Raumvolumen mit einer Galerie, die er in allgemeiner Manier jeweils als «[b]emerkenswerte[n] Grundriss», «[s]ehr ökonomisch», «ökonomisch» oder «akustisch beachtenswert» kommentierte.[37] Zu einzelnen dieser als typisch für den Wettbewerb skizzierten Raumformen machte Osswald spezifische Bemerkungen wie «Säulenstellungen akustisch gut für Mittelraum, aber schallbremsend und sichtstörend für Galeriebesucher».[38] In den Legenden zu den Grundriss- und Schnittschemata der Architektenpläne entfernte sich Osswalds Wortwahl zunehmend von der sachlichen Sprache des Fliesstextes. Vor allem die monumentalen Säle karikierte er geradezu und gab Anweisungen, was zu verbessern wäre. Zu einem quadratischen, sehr hohen Raum lautete die Bildunterschrift: «Turmbau, Schallwirbel begünstigend und Echosack. Warum nicht bloss Unterteil mit ebener Glasabdeckung?»[39] In einer weiteren Legende unterstellte Osswald den Verfassern totale Ignoranz in akustischen Fragen:

> Volumen nach Angabe des Verfassers 170 000 m³. Der Verfasser rechnet die mittlern Oberflächen-Schallabsorbtions-Koeffizienten nach Sabine's Formeln zu 0,488 pro m² aus, was unmöglich ist. Lautheit deplorabel; Dämpfungsvorhang direkt hinter der Rednertribüne: qualitativ wie quantitativ totale Verkennung der Akustik.[40]

Nach den mehr oder minder stark kritisierten Wettbewerbseingaben skizzierte Osswald zum Abschluss und als Abrundung seines Beitrags in der *SBZ* einen eigenen, deutlich kleineren «Vorschlag des Verfassers» für einen «akustisch-optimalen Saal von minimalem Volumen bei der verlangten Zahl von rund 2700 Plätzen». Osswald hielt fest, dass seine schematische Studie «gleich nach Bekanntwerden des Programms» entstanden sei, wies aber in den Bildlegenden mehrfach darauf hin, dass sein Projekt «Hors concours», also nicht Teil des Wettbewerbs war.[41] Aus den Dokumenten ist nicht ersichtlich, ob einer der 377 Wettbewerbsteilnehmer ihn als Berater beigezogen hatte, auch wenn sich vermuten liesse, dass die Aufgabe einige Anfragen nach akustischen Expertisen auslöste.[42] In der *SBZ* stellte er seinen Minimalsaal jedenfalls zweimal vor: zunächst im Vergleich mit den analysierten Saalgeometrien, dann in Gegenüberstellung zum deutlich grösseren Volumen von Le Corbusiers und Jeannerets Eingabe (Abb. 4.11).

Das «Minimalvolumen» von 20 000 Kubikmetern in seinem eigenen Vorschlag erreichte Osswald durch einen akustischen und architektonischen Kunstgriff: Die mit 1000 Personen grösste Gruppe der Zuhörer versorgte er in einer tiefen Galerie, die wie ein Trichter nach hinten ragte. Diese Galerie, so schlug er vor, könne bei Nichtgebrauch «durch Hubwände bis auf die Hälfte verkleinert werden, woraus jederzeit eine Volumenverminderung des Saales bis auf rund 17 000 $m^3$ mit 1550 Sitzplätzen hergestellt werden kann».[43] In Standardwerken zur Akustik aus den 1920er und 1930er Jahren tauchten Raumformen dieses Typs regelmässig auf, allerdings nie in dieser extremen Tiefe. Der deutsche Raumakustiker Eugen Michel beispielsweise empfahl eine Tiefe «nicht größer als das 1 ½ fache der unter der Galerievorderkante vorhandenen Lichthöhe».[44]

Mit dem verkleinerten Volumen bezweckte Osswald, die Schallwege zu verkürzen und die Nachhallzeit zu reduzieren – dabei war er sich dessen bewusst, dass auch dieses Minimalvolumen aus akustischer Sicht «immer noch schwer bemeisterbar, aber nicht mehr hoffnungslos» war.[45] Das Volumen von Osswalds Projekt für den «akustisch-optimalen Saal» war um das Zwei- bis Dreifache, in Extremfällen bis um das Acht- oder sogar Dreizehnfache kleiner als in anderen Projektvorschlägen.

«Die räume sollen nicht grösser gemacht werden, als unbedingt nötig ist», lehrte Osswald im Wintersemester 1932/33 auch die angehenden Architekten. In der Mitschrift von Osswalds Vorlesung an der Architekturabteilung ist festgehalten, dass eine Raumgrösse von 20 000 Kubikmetern gerade «noch ausführbar» sei. Aber schon 10 000 Kubikmeter seien «nur für gute redner!» (mit Ausrufezeichen) geeignet.[46] Auch die Skizze eines dem Hors-concours-Vorschlag für einen «akustisch-optimalen» Minimalsaal ähnlichen Saalschnitts erscheint in der Mitschrift:

> erreichung der optimalen nachhalldauer ist für die angewandte akustik das wichtigste!
> zu lange nachhalldauer bringt unverständlichkeit
> zu kurze nachhalldauer ergibt mageren, kalten schall.[47]

In keinem anderen Moment des 20. Jahrhunderts standen die akustischen Experten in solchem Mass im Scheinwerferlicht einer Architekturdebatte wie bei jener um die Wettbewerbsresultate des Völkerbundpalasts. Die Anliegen der architektonischen Moderne und der modernen Raumakustik gingen eine schlagkräftige Koalition ein, die den akustischen Experten eine noch nie da gewesene Präsenz im öffentlichen wie im fachinternen Diskurs bot.

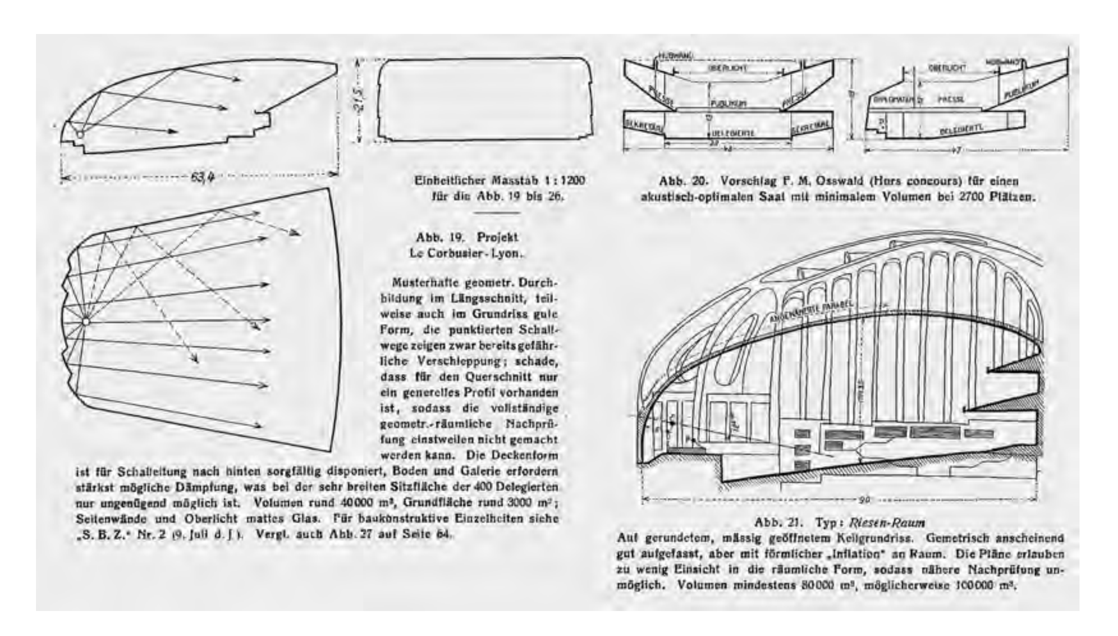
Für Osswald bedeutete sein beiderseits des Atlantiks publizierter Beitrag gleichsam einen enormen Reputationsschub. Er verschaffte ihm Respekt für seine akustischen Forschungen und ebnete ihm 1929 den Weg zur Habilitation und also zur Anerkennung seines Instituts für angewandte Akustik an der ETH Zürich.

## Akustische Expertisen (1927)

Der einzige Akustiker, den Osswald in seinem Beitrag in der *SBZ* namentlich erwähnte, war Le Corbusiers Berater Gustave Lyon (1857–1936), zuerst als «Projekt Le Corbusier–Lyon», dann sogar als «LYON–LE CORBUSIER». «Musterhafte geometr. Durchbildung im Längsschnitt», hiess es dazu in der Bildunterschrift zu einer der beiden Darstellungen (Abb. 4.11, 4.12).[48] Osswald fühlte sich berufen, die Mit-Autorschaft des etablierten Patrons der Konzertsäle sichtbar zu machen.

Auch Le Corbusier seinerseits hielt unbestritten grosse Stücke auf den dreissig Jahre älteren Lyon. Wiederholt, im Begleittext zum Wettbewerbsprojekt für den Völkerbund sowie in den *Cahiers d'Art* von 1928, beschwor er Lyons «akustische Sicherheit» als Konsequenz der Berechenbarkeit des Schalls mittels mathematischer Formeln. Diese neue Art der «Wahrheit», die über die Tradition hinausgewachsen sei und auf einer Wahrheit der Tatsachen beruhe und die sich auch in seinem Wettbewerbsbeitrag niederschlagen würde, sah er vor allem in Lyons weltberühmt gewordenem Pariser Konzerthaus Salle Pleyel verwirklicht:

> Aber heute zeigt die Salle Pleyel auch *die Wahrheit*, die Wahrheit der Fakten, die funktionierende Wahrheit, die sich der Scheinwahrheit des Instituts widersetzt; und das Institut verbeugt sich vor dieser neuen unwiderlegbaren Wahrheit. […] Wie könnten die Verantwortlichen des Völkerbunds es tolerieren, dass man ihnen einen Saal aushändige, in dem die Reden nicht verstanden werden können?
> Und es ist davon auszugehen, dass auf der ganzen Welt jeder zukünftige Konzertsaalbetreiber ein Höchstmass an akustischer Sicherheit verlangen wird.
> (Mais voici qu'aujourd'hui, la salle Pleyel, c'est *la vérité* aussi, la vérité de fait, la vérité fonctionnante, s'opposant à la vérité factice de l'Institut; et l'Institut s'incline devant cette nouvelle vérité irréfutable. […] Comment les responsables de la S.D.N. toléreraient-ils qu'on leur livrât une salle où l'on n'entendrait pas les discours?



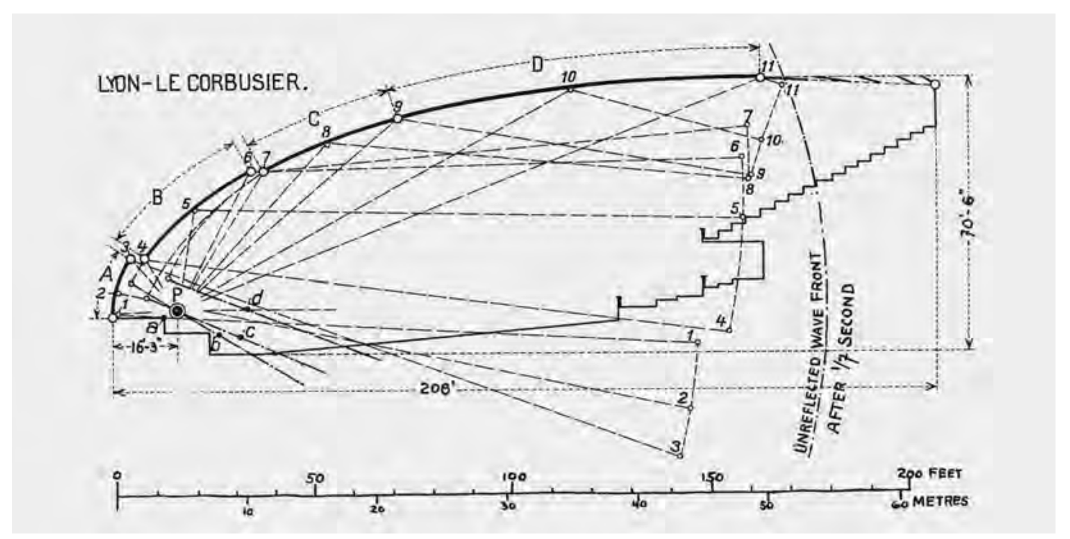
Einheitlicher Masstab 1 : 1200
für die Abb. 19 bis 26.

Abb. 19. Projekt
Le Corbusier-Lyon.

Musterhafte geometr. Durchbildung im Längsschnitt, teilweise auch im Grundriss gute Form, die punktierten Schallwege zeigen zwar bereits gefährliche Verschleppung; schade, dass für den Querschnitt nur ein generelles Profil vorhanden ist, sodass die vollständige geometr.-räumliche Nachprüfung einstweilen nicht gemacht werden kann. Die Deckenform ist für Schalleitung nach hinten sorgfältig disponiert, Boden und Galerie erfordern stärkst mögliche Dämpfung, was bei der sehr breiten Sitzfläche der 400 Delegierten nur ungenügend möglich ist. Volumen rund 40000 m³, Grundfläche rund 3000 m²; Seitenwände und Oberlicht mattes Glas. Für baukonstruktive Einzelheiten siehe „S. B. Z." Nr. 2 (9. Juli d. J.). Vergl. auch Abb. 27 auf Seite 64.

Abb. 20. Vorschlag F. M. Osswald (Hors concours) für einen akustisch-optimalen Saal mit minimalem Volumen bei 2700 Plätzen.

Abb. 21. Typ: *Riesen-Raum*
Auf gerundetem, mässig geöffnetem Keilgrundriss. Gemetrisch anscheinend gut aufgefasst, aber mit förmlicher „Inflation" an Raum. Die Pläne erlauben zu wenig Einsicht in die räumliche Form, sodass nähere Nachprüfung unmöglich. Volumen mindestens 80000 m³, möglicherweise 100000 m³.




4.11 Akustiker als Entwerfer: Seinen eigenen «Hors concours»-Entwurf für den Plenarsaal im Völkerbundgebäude (rechts oben) stellte Franz Max Osswald dem Plenarsaalentwurf von Le Corbusier und Jeanneret gegenüber. Bei diesem wiederum war Le Corbusiers akustischer Berater Gustave Lyon als Ko-Autor verzeichnet, hier im *SBZ*-Beitrag von 1927.

4.12 «Vergleich der Reflex-Schallwege 1 bis 11 nach 1/7 sek mit der direkten Welle im gleichen Zeitraum»: Osswalds Analyse der Eingabe von «Lyon-Le Corbusier» zum Völkerbundwettbewerb, hier in der amerikanischen Übersetzung von 1928.

> Et il est à présumer que dans le monde entier, tout futur tenancier de salle exigera le maximum de sécurité acoustique.)[49]

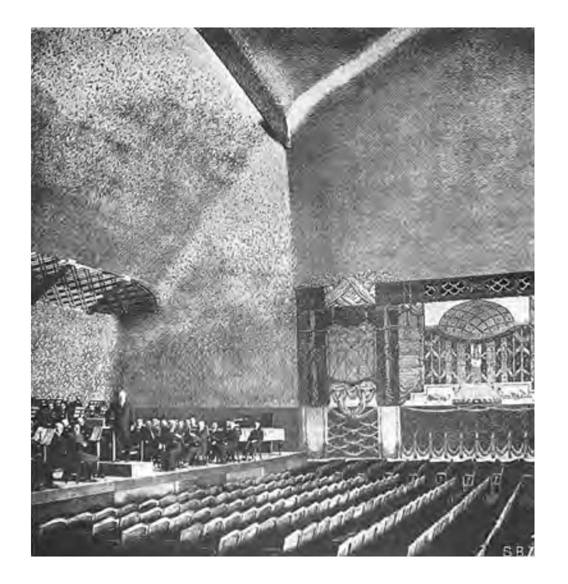
Die hier von Le Corbusier als «funktionierende Wahrheit» bezeichnete akustische Theorie hatte der inzwischen über siebzigjährige Pariser Ingenieur und Klaviermanufakturdirektor Lyon mit Hilfe empirischer Versuche beim

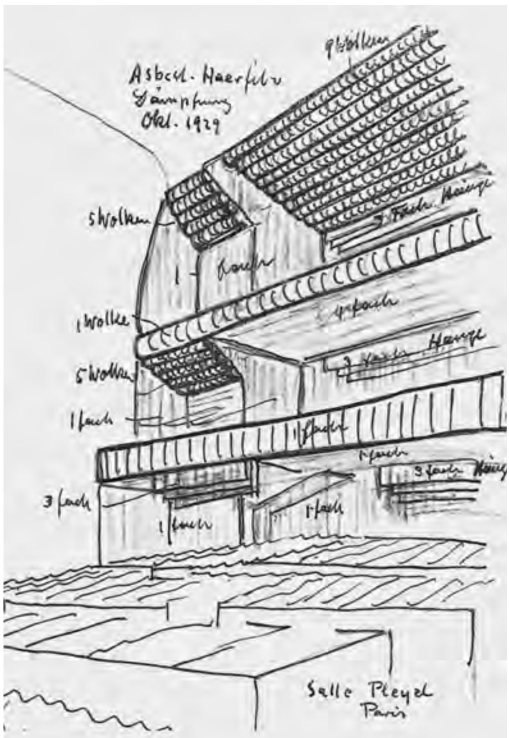
Klettern in einer Höhe von 3800 Metern über dem Meeresspiegel entwickelt. Im akustischen Freifeld, wo keine reflektierenden Oberflächen den Schall zurückwerfen, hörte er den Schlägen der Eispickel seiner Kameraden zu. Wenn die Entfernung zwischen ihm und dem einen Kameraden um mehr als 22 Meter grösser war als die Entfernung zwischen ihm und dem anderen, konnte er sie jeweils einzeln hören. Daraus leitete er Regeln für die maximalen Distanzen in seinem Konzertsaal ab.[50]

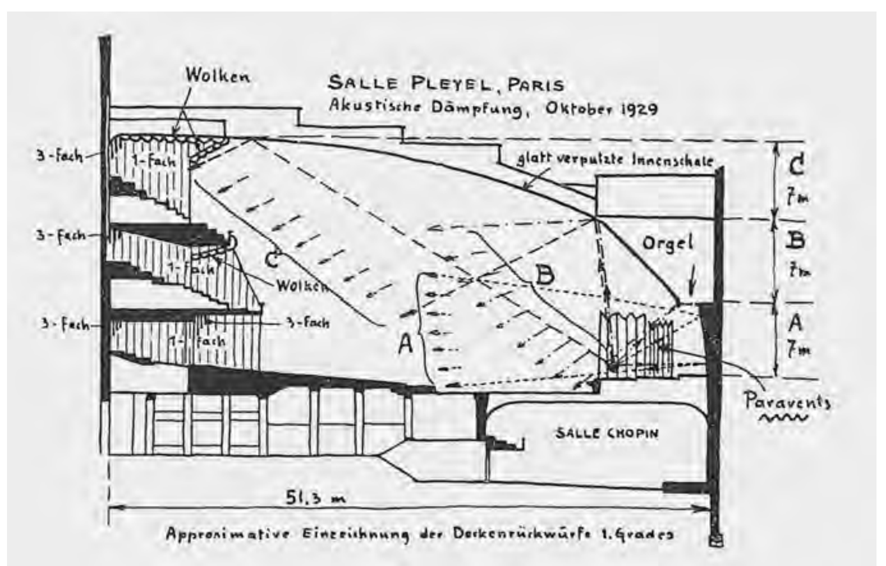
Als Sohn einer Musikerfamilie und Schwiegersohn der Familie Pleyel hatte Lyon 1887 die Leitung der Pariser Klaviermanufaktur wie des dazugehörigen Konzertsaals, der Maison Pleyel, übernommen. Er reichte im Laufe der Jahre nicht nur verschiedenste Patente für Musikinstrumente und Hochoberflächenbehandlungen ein, sondern entwickelte vor allem auch seine Theorie der Strahlenreflexionen, die er schliesslich 1927 bei der Neugestaltung der Salle Pleyel umsetzen konnte.[51] Der Konzertraum des Klavierhauses Pleyel erregte sowohl bei dieser Neueröffnung wie auch nach zwei folgenden baulichen Massnahmen – zuerst aufgrund störender Schallreflexionen, dann infolge eines Brandes – das Interesse der akustischen und musikalischen Fachwelt.[52] Im Zuge der Neugestaltung von 1927 formte Lyon den Konzertsaal zunächst so, dass der Schall über die relativ niedrige, parabolisch gewölbte Decke möglichst direkt und gleichmässig zum Publikum reflektiert wurde. Weil aber im Endeffekt wirklich jedes Geräusch und somit auch jedes Räuspern aus dem Publikum bestens weitergeleitet wurde und das Orchester sein eigenes Spiel kaum mehr hörte, musste nachgebessert werden, und so wurden an der Rückwand schallabsorbierende Stoffe angebracht.

Der berühmte Konzertsaal wurde daher Ende 1927 ein zweites Mal binnen kurzer Zeit eingeweiht, brannte dann jedoch im Juli 1928 komplett aus, was auch ein Menschenleben kostete.[53] Die zur Verbesserung der Akustik angebrachte absorbierende Wandbespannung an der Rückwand war so leicht entflammbar, dass ein Funke genügte, um ein fatales Feuer grössten Ausmasses auszulösen.

Nachdem die Salle Pleyel nach dem Brand mit veränderter Akustik den Betrieb wieder aufgenommen hatte, berichtete auch Osswald über den «Mustersaal für das konzertliche Leben einer Weltstadt» (Abb. 4.13–4.15).[54] Er wertete den Pariser Konzertsaal in seinen drei unterschiedlichen Zuständen aus: nach seiner Eröffnung, mit den ergänzten schallabsorbierenden (leicht entflammbaren) Stoffen im Publikumsbereich und nach der Rekonstruktion in Folge des Brandes. Zwischen den Zeilen lässt sich dabei durchaus eine Kritik an den risikoreichen Versuchen herauslesen, schliesslich hätten






4.13 Gustave Lyons 1927 wiedereröffnete Salle Pleyel in Paris als Versuchsmodell im Realmassstab: der Orchesterraum in seiner ersten Materialisierung mit der schallhart belassenen, elliptisch geformten Decke, welche die Musik ins Publikum streuen sollte. Abbildungen aus Osswalds im Januar 1930 in der *SBZ* erschienenem Bericht «Akustisch hochwertige Parabelsäle».

4.14 Osswalds Skizze der in der Salle Pleyel im Herbst 1929 neu aufgetragenen Absorbermaterialien, darunter «Asbest-Haarfilz». Die ursprüngliche, dämpfende Moltonbespannung hatte den fatalen Grossbrand so angefacht, dass neue Materialien gesucht wurden.

4.15 Osswalds Darstellung des Längsschnitts der Salle Pleyel mit den «Rückwurfzonen A, B und C» in der *SBZ* von 1930.

Experten (wie Osswald selbst einer war) zu bestimmten Erkenntnissen schon vorab und am Modell kommen können. Osswald liess die Gelegenheit nicht aus, darauf hinzuweisen, dass Gustave Lyon zwar «ein grossartiges Beispiel von Unternehmungsfreudigkeit und Wagemut» sei und in seinem eigenen Saal die Gelegenheit wahrgenommen habe, «Fragen in praxi im grössten Masstab [sic] zu erproben, über die so viele irrige Laienmeinungen umlaufen», dass diese Fragen aber auch «vorausbewertet werden konnten.»[55]

Nun waren Lyon und Osswald nicht die Einzigen, die sich mit der steigenden Nachfrage nach akustischem Wissen von Pionieren zu Experten wandelten. Die Bau- und Raumakustik professionalisierte sich, und auch die Erfinder der ersten Generation – wie Gustave Lyon –nahmen nach 1930 neue Berufsbezeichnungen an. In der Korrespondenz zwischen Lyon und Le Corbusier manifestiert sich dies mitunter in den Briefköpfen. 1927 schrieb Lyon auf dem Papier der Sociète Immobilière Sainte-Honoré-Monçeau, 1928 als Direktor der Firma Pleyel an Le Corbusier; auf dem Briefbogen von 1935 hingegen war der Umfang seines Expertenwissens in «acoustique architecturale» dargestellt: «orthophonie des salles, aération des salles, isolement phoniques des salles (Système Gustave Lyon) / bureau d'études d'isolement phoniques plein air, immeubles, salles et appartements».[56]

Alfred Roths mündlicher Überlieferung zufolge wurde Lyon im Atelier von Le Corbusier in der Rue de Sèvres wiederholt als akustischer Berater beigezogen.[57] Le Corbusier selbst erwähnte Lyons wissenschaftliche Erkenntnisse, die Bauten komplett schallsicher machen würden, zum Beispiel in seinen Stadtplanungen für Moskau aus dem Jahr 1930.[58] 1931, bei der letztlich nicht berücksichtigten Wettbewerbseingabe für den nie realisierten Palast der Sowjets in Moskau, bat Le Corbusier Lyon wieder um seine Mitarbeit. Diesmal insistierte er, dass er von nun an keine freundschaftlichen Geschenke mehr akzeptieren, sondern einen Geschäftsvertrag aufsetzen und Lyon bezahlen wolle. Der Austausch von Le Corbusier und Lyon zeigt, dass die akustische Expertise um 1930 noch nicht selbstverständlich eine (finanziell vergütete) Ingenieurdienstleistung war, gleichwohl ist keine Rechnungsstellung von Lyon an Le Corbusier dokumentiert.[59] Dies könnte allerdings auch der womöglich auf Rat eines der anderen konsultierten Experten gewählten Lösung geschuldet sein, das Auditorium in der Schnittzeichnung für den Sowjetpalast mit einer Lautsprecherinstallation zu versehen – so viel Pionierarbeit Lyon auch geleistet hatte, die weitere Entwicklung war dann die Sache einer anderen Generation.[60]

Le Corbusier bekräftigte seine Wertschätzung für Gustave Lyons akustische Erkenntnisse auch auf der Frontseite der Pariser Abendzeitung

*L'Intransigeant* vom 15. Oktober 1927. Der prominent platzierte, einspaltige Text «Acoustique: Une conquête de la technique moderne» ist eine Eloge auf die Berechenbarkeit der Welt durch akustische Formeln. Nachdem die Gesetze der Statik und der Dynamik vor langer Zeit erkannt worden seien, so Le Corbusier, sei dank Lyon auch die Akustik der Welt der Geheimnisse entrissen. Seit der Anwendung der erkannten akustischen Gesetzmässigkeiten in der Salle Pleyel könne kein Theater mehr wie zuvor gebaut werden.[61]

Seine Autorität als Direktor eines Klavierhauses und als akustischer Fachmann setzte Lyon wiederum in der erwähnten öffentlichen Erklärung für die Ausführung des «Palasts» für den Völkerbund von Le Corbusier und Jeanneret ein, der im Jahr darauf in den *Cahiers d'Art* abgedruckten «Manifestation des savants, des industriels, des poètes, des financiers en faveur du projet le Corbusier et Pierre Jeanneret». Gustave Lyon wurde hier zwar nicht als Berater erwähnt, dafür erschien sein Name umso prominenter auf den zwei Folgeseiten des Heftes: Le Corbusier rühmte hier Lyons Expertise über alle Massen und bezeichnete ihn in seinem Beitrag «La Salle Pleyel: Une preuve de l'évolution architecturale» als «den weisen Direktor der Maison Pleyel», dessen Forschungen nun nach vierzig Jahren zur glorreichen Blüte gelangten («le savant directeur de la Maison Pleyel qui vient de sortir victorieux de ses quarante années de recherches»). Erfolgreich habe er die «Chimäre der Akustik» durch die Kalkulation beseitigt.[62]

Die Wettbewerbsdarstellungen für den Völkerbundsaal wiederholte Le Corbusier 1928 in *Une Maison – Un Palais*, ergänzt mit detaillierten Erläuterungen wie der Beschreibung des Saals als «salle pour 2600 personnes, organe de visibilité et d'audition».[63] In seinen *Précisions sur un état présent de l'architecture et de l'urbanisme*, den *Feststellungen zu Architektur und Städtebau*, einem seiner Hauptwerke, fasste Le Corbusier ein Jahr später das Kapitel zur Akustik kürzer. Er bemerkte hierbei unmissverständlich, dass das raumakustische Ziel mit einer zweckmässigen Geometrie erreicht werden müsse – und zwar ohne Lautsprecher:

> [D]as Problem der Augen und Ohren: Übersichtlichkeit und Akustik an einem Ort, an dem sich – wie beim Turmbau zu Babel – Menschen aller Länder und aller Zungen versammeln zu Debatten, bei denen der Weltfriede auf dem Spiel steht. Der Weg über Ohr und Zunge ist der einzige Weg, den auch Herz und Vernunft nehmen können.
> ([C]elui [le problème] de l'œil et de l'oreille: visibilité et acoustique, dans un lien où l'on réunit comme en une véritable Tour de Babel, les gens de tous le pays et de toutes les langues, en des débats dont

> l'enjeu est la paix du monde. S'entendre des oreilles est le seul chemin que peut prendre le cœur ou la raison.)[64]

Nichts Geringeres als der Turmbau zu Babel diente Le Corbusier als Analogie zur anspruchsvollen Akustik im Plenarsaal, in dem sich Vertreter der neuen internationalen Gemeinschaft versammeln und in vielen Sprachen verständigen sollten. Le Corbusier zeigte sich optimistisch, dass sich mit wissenschaftlicher Akustik wie der von Gustave Lyon Probleme jeglicher Grössenordnung bewältigen liessen – eine Ansicht, die von einem Fachmann wie Osswald nicht geteilt wurde. Zwar honorierte dieser in seinen durchweg kritischen Artikeln in der *SBZ* und in *The American Architect*, dass Le Corbusier und Jeanneret über einen profilierten akustischen Experten verfügten. Eine raumakustische Lösung für einen Saal mit 2700 Zuhörern hielt Osswald allerdings a priori für unmöglich.

## Akustische Polemik (1927)

Bereits vor der Veröffentlichung der Wettbewerbsresultate wurden die akustischen Wissenschaften ins Zentrum der Bauaufgabe für den Völkerbund gestellt. In Schweizer und deutschen Tageszeitungen war hierzu insbesondere Sigfried Giedions Stimme deutlich zu vernehmen. Noch in der Wettbewerbsphase schrieb er am 28. März 1927 in der *Neuen Zürcher Zeitung (NZZ)*:

> Das Bauprogramm ist so ausserordentlich reizvoll, dass man begreift, wenn es jeden Architekten in den Fingern gezuckt hat, da mitzumachen. Handelt es sich doch darum: einen Saal – dies ist der Kernpunkt des Projekts – für zweitausend Menschen zu errichten, einen Saal der ganz Ohr zu sein hat, damit keine Welle verloren geht. Keine Wortnuance, der sicher oft von den fremdesten Idiomen gefärbten Umgangssprache. Etwas ganz anderes also, wie ein Parlament, in dem Vertreter einer aber höchstens zwei bis drei verschiedenen Sprachen sitzen. Einen Saal, der diesen gesteigerten Bedingungen entspricht, gibt es heute noch gar nicht. Er muss erst gefunden werden. Alle Hilfsmittel der akustischen Erkenntnis, alle Inanspruchnahme neuer Materialien werden nötig sein, um aus einem so gross dimensionierten Volumen ein einziges Hörrohr werden zu lassen. Dazu braucht es restlose Hingabe an das akustische Phänomen.[65]

Aus der Koalition der Moderneverfechter mit den Akustikern komponierte Giedion einen Kanon, den er auch in den Folgemonaten immer wieder anstimmte. Nach der wenig zufriedenstellenden Bekanntgabe der Resultate etwas mehr als einen Monat später wiederholte er am 15. Mai 1927, wieder auf der Titelseite der *NZZ*, die Argumente in direkter Zielgerade auf Le Corbusiers und Jeannerets Projekt hin:

> Das Projekt Corbusiers ist fast wie eine Erfüllung unserer Forderung, dass der grosse Saal für 2000 Personen, der Kernpunkt des Projekts, ganz Ohr zu sein hat, damit keine Welle verloren gehe und dass alle Hilfsmittel der akustischen Erkenntnis, jede Inanspruchnahme neuer Materialien nötig sein werden, um aus einem so groß dimensionierten ein einziges Hörrohr werden zu lassen. Nun, Corbusier scheint von dieser primären Forderung auszugehen [...].[66]

«Die Architektur am Wendepunkt» war Giedions dritter Kommentar zum Völkerbundwettbewerb in der *NZZ* vom 24. Juli 1927 überschrieben. Knapp eine Woche vor Osswalds gross angelegter akustischer Fachkritik in der *SBZ* erschienen, nannte Giedion hier zum ersten Mal auch öffentlich Osswalds Namen. Die Vermutung liegt nahe – und Karl Mosers bereits erwähnte Korrespondenz mit Osswald stützt dies –, dass er mit dem Akustiker bereits seit längerem im Austausch stand:

> Osswald (Winterthur), der ausgezeichnete Leiter des der E.T.H. angegliederten akustischen Laboratoriums, belehrte uns, dass bei 20 000 Kubikmeter bereits die akustischen Schwierigkeiten beginnen. Nach seiner Schätzung sind bei manchen Monumentalprojekten Säle bis zu 260 000 Kubikmeter vorgesehen.
> Wie soll eine schwache menschliche Stimme so viel Monumentalität durchdringen? – Man spürt, die Sachlage ist prekär, um so mehr als die Vertreter der immerhin noch jungen, akustischen Forschung selbst nicht ganz einer Meinung und Theorie zu sein scheinen.[67]

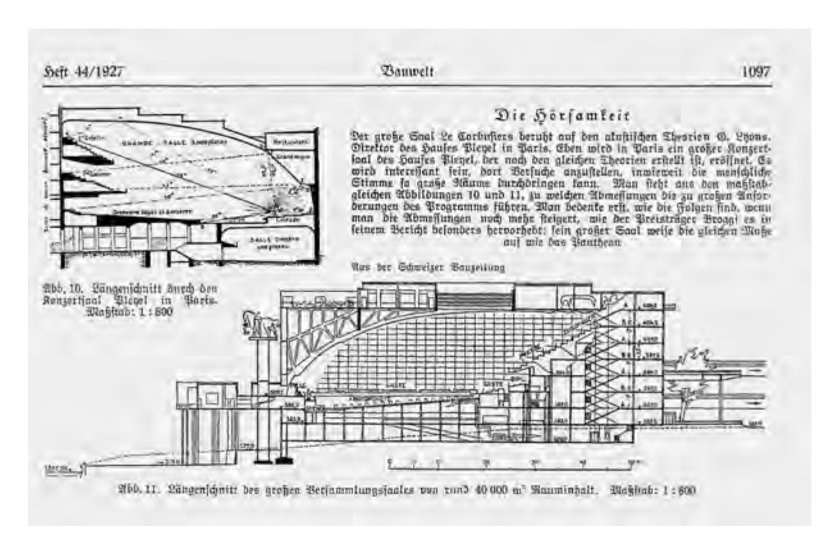
Das akustische Argument war, so scheint es, in aller Munde. Bezugnehmend auf Osswalds Kritik schrieb zum Beispiel Peter Meyer am 20. August in der *SBZ*: «Erstaunlich genug, dass so Viele übersehen haben, dass dieser Saal zum Reden und zum Hören da ist, und nicht zum Schwelgen in nebulosen Raumphantasien.»[68]

Giedion übernahm Osswalds Kritik in sein eigenes Repertoire und verwendete sie später, nun aber wieder ohne Hinweis auf seine ursprüngliche Quelle, ein weiteres Mal in einem Beitrag für die deutsche *Bauwelt*. Auch hier wandte sich Giedion gegen den als monumental kritisierten Historismus und lieferte ein Plädoyer für die Funktionalität der modernen Architektur. Im Untertitel legte Giedion sein Programm offen: «Teuere Stilarchitektur – neuzeitliche, zweckgemäße Lösungen». In der ersten seiner vier Erläuterungen, «warum eine monumentale Lösung unmöglich ist», gab Giedion eine ausführliche Erklärung aus Sicht der Raumakustik – und wiederholte sein Mantra:

> Der große Saal: eine akustische Aufgabe. Bei 20 000 Kubikmeter beginnen bereits die akustischen Schwierigkeiten. Es gibt Monumentalentwürfe, die sich nicht scheuen, 260 000 Kubikmeter vorzusehen. Eine menschliche Stimme hat hier nichts mehr zu suchen.[69]

Stimme und Ohr beziehungsweise Le Corbusiers und Jeannerets «Kehle» und «Trommelfell» hatten es schwer, vielleicht konnte ein Auge den Saal noch durchdringen? Sein eigenes Sonderdruckexemplar von Osswalds *SBZ*-Beitrag zum Völkerbundwettbewerb hatte Sigfried Giedion auf der letzten Seite zumindest mit einer Notiz in diesem Sinn versehen: «2700 Personen, das heisst: die Welt ist Zuschauer.»[70]

In der *Bauwelt* verwies Giedion anlässlich der Saalakustik im geplanten Plenarsaal auch erstmals auf die «akustischen Theorien G. Lyons, Direktor des Hauses Pleyel in Paris», auf denen «[d]er große Saal Le Corbusiers beruht", und auf den zur gleichen Zeit umgebauten «große[n] Konzertsaal des Hauses Pleyel, der nach den gleichen Theorien erstellt ist». Neben einem Textkasten zum Begriff der «Hörsamkeit» war dabei zusätzlich zu einer Darstellung von Le Corbusiers und Jeannerets Wettbewerbsentwurf für den grossen Versammlungssaal auch ein Schnitt der Salle Pleyel zu sehen (Abb. 4.16). So stellte Giedion die Wettbewerbsdebatte in einen weiter gefassten kulturellen Zusammenhang und hob Le Corbusiers Entwurf in den Rang eines europäischen Kulturguts. Beide – der Entwurf für den Völkerbundsaal und die Salle Pleyel – waren im Massstab 1 : 800 abgebildet.[71] Die Gegenüberstellung zeigt, dass der Genfer Sprechsaal selbst bei Le Corbusier um ein Vielfaches voluminöser geworden wäre als der Pariser Musiksaal. Giedion spekulierte, dass es «interessant sein [wird], dort Versuche anzustellen, inwieweit die menschliche Stimme so große Räume durchdringen kann.»[72] Dass die von Le Corbusier beschworene «akustische Sicherheit» hier schon für die


Heft 44/1927 Bauwelt 1097

## Die Hörsamkeit

Der große Saal Le Corbusiers beruht auf den akustischen Theorien G. Lyons, Direktor des Hauses Pleyel in Paris. Eben wird in Paris ein großer Konzertsaal des Hauses Pleyel, der nach den gleichen Theorien erstellt ist, eröffnet. Es wird interessant sein, dort Versuche anzustellen, inwieweit die menschliche Stimme so große Räume durchdringen kann. Man sieht aus den maßstabgleichen Abbildungen 10 und 11, zu welchen Abmessungen die zu großen Anforderungen des Programms führen. Man bedenke erst, wie die Folgen sind, wenn man die Abmessungen noch mehr steigert, wie der Preisträger Broggi es in seinem Bericht besonders hervorhebt: sein großer Saal weise die gleichen Maße auf wie das Pantheon.

Aus der Schweizer Bauzeitung

Abb. 10. Längenschnitt durch den Konzertsaal Pleyel in Paris. Maßstab: 1 : 800

Abb. 11. Längenschnitt des großen Versammlungssaales von rund 40 000 m³ Rauminhalt. Maßstab: 1 : 800

4.16 «Die Hörsamkeit»: Sigfried Giedion stellte 1927 in seiner Kritik zum Völkerbundwettbewerb in der *Bauwelt* die Salle Pleyel massstabsgetreu dem Saalentwurf von Le Corbusier und Jeanneret gegenüber, verbunden mit der Überlegung, wie «die menschliche Stimme so große Räume durchdringen kann».

kleinere Salle Pleyel durch die Formulierung «Versuche» ersetzt ist, deutet darauf hin, dass Giedion weit davon entfernt war, das Herz des geplanten Völkerbundpalastes als irgendwie sprechsaaltauglich zu erachten. Le Corbusiers Entwurf wurde einzig dadurch in ein besseres Licht gerückt, dass der Text andere Projekte als noch viel raumgreifender kritisierte. So rühme sich der italienische Preisträger Carlo Broggi (1881–1968) – der dann sogar ins Fünferteam für die Realisierung des Baus gewählt wurde –, «sein großer Saal weise die gleichen Maße auf wie das Pantheon».[73]

Gerade weil die ans Massstabslose grenzende Monumentalität der «Anciens» zum Feindbild erklärt worden war, avancierte die akustische Expertise des noch wenig bekannten Ingenieurs Osswald zum Argumentarium des Architekturkritikers und Fürsprechers der Moderne Giedion. Nicht nur Osswalds Kritik an den akustisch nicht bewältigbaren Dimensionen, auch das Problem mit der unzulänglichen Lautsprechertechnik wurde von Giedion in der *Bauwelt* wiederholt. Auf die Tatsache, dass andere Projekte Lautsprecher vorsahen, ging er nicht weiter ein, was insbesondere angesichts des von ihm ebenfalls favorisierten und diskutierten Vorschlags von Hannes Meyer und Hans Wittwer augenfällig ist.

Die Verbindung von «ganz Ohr sein» und der Vorstellung, dass nur das authentische Hören mit den eigenen Ohren (also ohne Lautsprecher) eine wahrhaftige Kommunikation erlaube, resonierte übrigens noch lange, nicht nur in Le Corbusiers bereits erwähnten Ausführungen in *Précisions*, auch bei Giedion. 1941 etwa im zunächst auf Englisch erschienenen Band *Space, Time and Architecture* projizierte er seinen Wunsch nach einer Sprechakustik ohne Lautsprecher auch in die Zukunft:



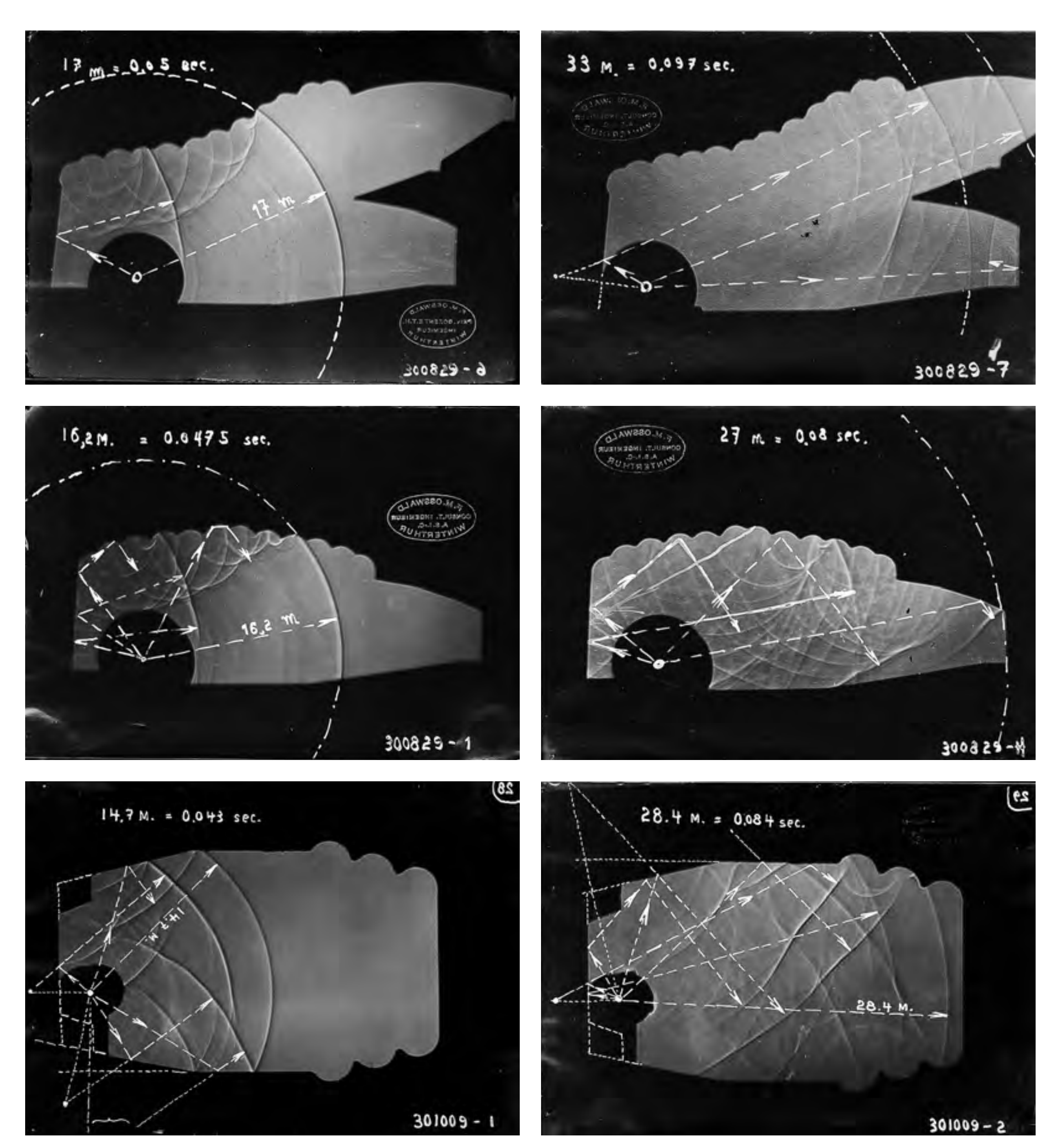


4.17 Osswalds Modell und seine Zeichnungen für einen Saal mit variablem Volumen, der durch Abschluss der Galerie von 8750 auf 6100 Kubikmeter verkleinert werden konnte: eine Massnahme, die er andernorts bereits an kleineren Sälen empfohlen und getestet hatte. Abbildung aus Osswalds hierzu im November 1930 in der *SBZ* publiziertem Beitrag.

> Le Corbusiers Halle wurde entworfen, bevor es Lautsprecher gab, die das Problem der Akustik vereinfachten. Doch man kann wohl annehmen, daß das Publikum eines Tages wieder nach dem natürlichen Klang der menschlichen Stimme verlangt und die Akustik so vervollkommnet wird, daß sie keiner Verstärkung durch radiotechnische Hilfsmittel bedarf.[74]

In der *Bauwelt* dreizehn Jahre zuvor hatte Giedion noch eine weitere Idee aus Osswalds Expertise aufgegriffen: dass man den Saal nämlich «so gestaltet, daß er in seiner Größe veränderlich ist.»[75] Osswald hatte dabei nicht nur bei seinem Minimalsaal für den Völkerbundpalast, sondern auch bei anderen Projekten im Rahmen seiner Beratertätigkeit zu Räumen mit veränderbaren Volumen geraten.[76] Bereits 1925, anlässlich des Entwurfs des Zürcher Architekturbüros Pfleghard & Haefeli für das Kirchgemeindehaus Enge in Zürich, regte er verschiebbare Vorhänge im Saal an, mit denen das akustische Raumvolumen moduliert werden sollte.[77]

Ende November 1930 publizierte Osswald in der *SBZ* schliesslich auch ein Modell, mit dem er die Vorzüge eines unterteilbaren Raumes für verschiedene Arten von Musik theoretisch zu demonstrieren versuchte (Abb. 4.17). In diesem Modell liess sich ein Teil eines grossen, Klang reflektierenden Glasdachs, für das Osswald ein Gewicht von 80 Tonnen berechnete, so öffnen, dass der Konzertsaal sich von 6100 auf 8750 Kubikmeter erweiterte: «[W]ährend der grosse Saal für grosse Musikentfaltung disponiert ist, ist der verkleinerte für intimere Darbietungen und Sprechvortrag abgestimmt.»[78] Belichtung, Mechanik der Klappdecke wie auch die Feuersicherheit der Konstruktionsmaterialien waren im Text alle so detailliert erklärt, als würde das Projekt nur noch auf seine Realisierung warten; komplettiert wurde der Beitrag durch Fotografien des elaborierten Innenraummodells und




**4.18 Schallfotografische Studien zur Ermittlung der Schallverteilung in Querschnitt- und Grundrissmodellen eines Saals mit variablem Volumen, durchgeführt in Osswalds Laboratorium im August und Oktober 1930.**

auch bildlich durch in seinem Laboratorium anhand von Hartgummiquerschnittmodellen des grossen und des verkleinerten Saals eigens angefertigte Ultraschallfotografien (Abb. 4.18).

Osswalds Vision eines Konzertsaals mit variablem Volumen blieb in der Fachwelt nahezu unbeachtet. Mehr noch: Die einzige Fachpublikation, die überhaupt auf seinen Vorschlag für einen «Konzert- und Vortragsaal mit veränderlichem Volumen» zu sprechen kam, ging damit auch noch äusserst

kritisch ins Gericht. Es war Paul E. Sabine, der Nachfolger des Begründers der modernen wissenschaftlichen Raumakustik Wallace C. Sabine, der 1932 in seinem Übersichtswerk *Acoustics and Architecture* anmerkte:

> Osswald of Zurich has suggested a scheme whereby the volume term of the reverberation equation may be reduced by lowering movable partitions which would cut off a part of a large room when used by smaller audiences and for lighter forms of music. [...] In connection with Osswald's scheme, one must remember that in shutting off a recessed space, we reduce both volume and absorbing power and that such a procedure might raise instead of lower the reverberation time.[79]

Somit war auch Osswalds einzige Erwähnung auf den fast 330 Seiten von Paul E. Sabines Standardwerk eine wenig schmeichelhafte, dies umso mehr, als sein Vorschlag ausgerechnet von seinem renommierten Kontakt in Übersee, mit dem er seit längerem korrespondierte, angezweifelt wurde. Im Zusammenhang mit Giedions Exkurs zur Akustik ist Sabines Beurteilung dennoch relevant, belegt sie doch, dass Osswalds Idee eines variablen Raumes um 1930 keine übliche Lösung für die Raumakustik darstellte. Umso plausibler erscheint es, dass Osswald auch in diesem Punkt die Quelle für Giedions Expertise war.

Wie Osswald in der *SBZ* stand auch Giedion in der *Bauwelt* der Lautsprecherverstärkung von Reden im geplanten Plenarsaal des Völkerbundgebäudes skeptisch gegenüber:

> Bei dem heutigen Stand der Lautsprecher mit ihrer Verzerrung und Interferenz ist es von vornherein hoffnungslos, wenn man glaubt, damit bedingungslos jedem Raumanspruch genügen zu können. Der Saal muß ja so gebaut sein, daß er im schlimmsten Fall auch ohne Hilfsmittel von der menschlichen Stimme durchdrungen werden kann.[80]

Auch Osswald hatte zuvor mit Blick auf seinen eigenen Hors-concours-Vorschlag für den Völkerbundsaal in der *SBZ* festgehalten, man sei sogar in einem solch minimalen Saal «genötigt, künstliche Hilfsmittel beizuziehen», und hatte die Möglichkeit, der Akustik des Saales mit technischen Mitteln nachzuhelfen, aus den gleichen Gründen als «verfrüht» bezeichnet.[81] Anders als Giedion hatte Osswald aber wohl kein grundsätzliches Problem mit der

Lautsprecherverstärkung. Seine Empfehlung, die weitere Entwicklung und Verbesserung der Lautsprechertechnik abzuwarten, rührte womöglich auch daher, dass er ein aufmerksamer Leser internationaler Fachliteratur war. So erstaunt es auch nicht, dass er glaubte, in Übersee sei die Raumakustik insgesamt weiter fortgeschritten. In seinem Beitrag zum Genfer Wettbewerb schrieb Osswald, es sei «zu bedauern, dass die Vereinigten Staaten von Nord-Amerika [als Nichtmitglied des Völkerbundes] nicht offiziell teilnehmen konnten».[82] Akustikhistoriker gingen sogar so weit, Lyons harte, oft parabolische Ausbildung der Decke als «europäische» Tradition und möglichst absorbierend ausgebildete, elektroakustisch verstärkte Theaterräume als «amerikanische» Tradition zu bezeichnen.[83]

Allerdings: Über organisatorische Zusammenschlüsse waren sehr wohl Vertreter der amerikanischen Moderne unter den Wettbewerbsteilnehmern. So hatten auch die ursprünglich aus Österreich stammenden Adolf-Loos-Schüler Richard Neutra und Rudolph Schindler mit ihrem Büro in Los Angeles am Wettbewerb teilgenommen.[84] In einem dreiseitigen Brief vom 2. Oktober 1927, der offensichtlich an Osswald gerichtet war, bestand ein merklich gekränkter Neutra eindringlich auf die akustische Plausibilität seines Entwurfs: «Die allgemeine Saalform ist anders gedacht als von Ihnen, sehr geehrter Herr, in der S.B.Z. angegeben.»[85] Osswalds «aus der Erinnerung» gezeichnete Saalgrundrisse in der *SBZ* entsprachen demnach nicht ganz den Architektenplänen. Durch die Zitate aus den Wettbewerbstexten konnten sie dennoch zugeordnet werden. Osswald hatte in der Bildlegende zu seiner dritten Schemaskizze Folgendes kommentiert:

> Decke bestehend aus «Membranes étendues sur des cadrans métalliques et qui peuvent êtres réglées au degré de tension qui fournira les meilleurs résultats acoustiques»; sollten damit Jalousien gemeint sein, deren Neigung veränderlich ist, dann wäre dies akustisch beachtenswert.[86]

Sehr wahrscheinlich als Folge des Briefes wurde für die US-amerikanische Publikation von Osswalds Beitrag im Jahr darauf die Schemaskizze des Projekts (mit dem Hinweis «Architects: Rich. J. Neutra & R. M. Schindler, Los Angeles») als einzige komplett umgezeichnet (vgl. Abb. 4.07 rechts oben, 4.09 rechts oben).[87] Osswalds grundlegende Kritik, dass alle Säle viel zu grosse Volumen aufweisen würden, um eine Sprachverständigung zu ermöglichen, hatte Neutra in seiner vehementen Verteidigung ihres Entwurfs übrigens mit der zynischen (und angesichts des späteren Scheiterns des Völkerbundes

leider realistisch-vorausschauenden) Bemerkung gekontert, dass die Sitzungen des Völkerbundes ohnehin nur ein Ritual ohne Inhalt seien: «Die ganze repräsentative Herbstsession des Völkerbundes hat zweifelsohne etwas Theater-mässiges an sich und ist praktisch so gut wie unnötig.»[88]

## Debatten um Lautsprecher

> The Echo as the Servant of the Architect.[89]
>
> Hope Bagenal, 1924

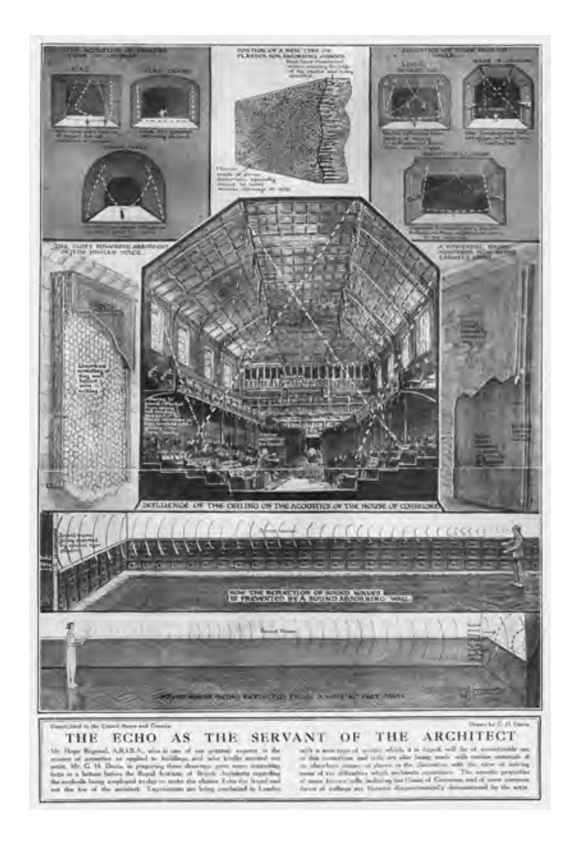
Das Problem, dass Sprache akustisch nicht verständlich war, stellte sich in profanen genauso wie in sakralen Bauten, und eine Lösung war umso dringlicher, als die Sprechsäle selbst immer grösser wurden. Vor allem in gotischen Kathedralen strebte der Schall wie die Tragstruktur diaphan in die Höhe und verflüchtigte sich. Im Kirchenbau gab es traditionelle akustische Lösungen für grosse Räume: Mit einem «Schalldeckel», «Kanzelhauben» oder einem «Kanzelhimmel» über dem Sprecher sollte der Schall gerichtet werden.

Bauliche akustischen Massnahmen zur Schallverstärkung, wie sie seit Jahrhunderten im Erfahrungswissen der Architekten vorhanden waren, tauchten seit Vitruvs Beschreibung von Schallvasen im fünften der *Zehn Bücher über Architektur* in der Antike immer wieder auf.[90] Diese *echea*, vasenartige Tongefässe, wurden als Resonanzkörper in Nischen, unter Sitzreihen oder in Wänden eingelassen, um den Gesang zu verstärken und die Sprachverständlichkeit zu erhöhen. Auch im 20. Jahrhundert wurde in Kirchen- und anderen Versammlungsräumen auf reflektierende Einbauten zurückgegriffen, um dem Publikum die Reden oder Musikdarbietungen im engen physikalischen Sinn «näherzubringen», also die Schallreflexionen ohne lange Verzögerungen zu den Ohren der Zuhörer zu lenken.

Noch Jahre und Jahrzehnte nach der Weiterentwicklung der Lautsprechertechnik versuchten sich nicht wenige Architekten daran, die Architektur selbst – mit ihrer Geometrie sowie ihren Materialien und Oberflächen – für die Schallverstärkung einzusetzen. Gleichwohl war der Siegeszug der Elektrotechnik kaum aufzuhalten. In vielen Fällen erwies sich ihr Einsatz angesichts der neuen, grösseren Dimensionen als der praktikablere Weg, um den Schall dem Zweck der Räume entsprechend zu verteilen.

### Das Echo als Diener des Architekten (1924)

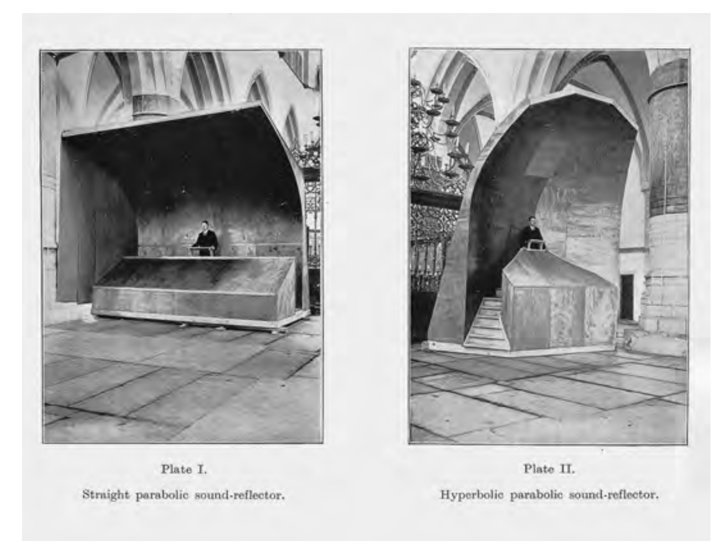
Unter den wenigen Dokumenten, die aus Osswalds Bibliothek erhalten sind, gibt es eine Seite des illustrierten britischen Wochenmagazins *The Graphic* mit der Bildunterschrift «The Echo as the Servant of the Architect» (Abb. 4.19). Darin ist anlässlich eines Vortrags des irischen Architekten und Akustikpioniers Hope Bagenal (1888–1979) am Royal Institute of British Architects allgemeinverständlich erklärt, wie Schallrückwürfe am richtigen

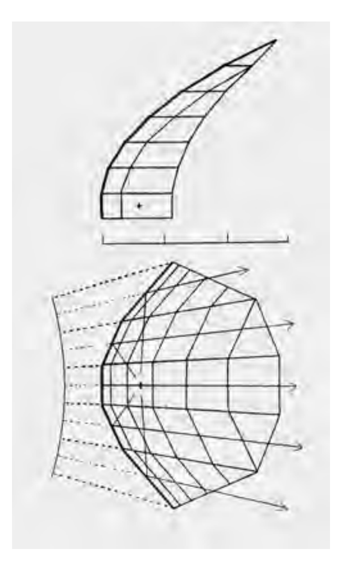



4.19 «The echo as the servant of the architect»: Credo des britischen Akustikers Hope Bagenal, 1924 publiziert in der illustrierten Wochenzeitschrift *The Graphic* und als herausgetrennte Seite gefunden im Nachlass von Franz Max Osswald.

Ort die Akustik eines Raumes unterstützen können.[91] Bagenal meinte mit Echo nicht nur (streng fachsprachlich) verzögerte Schallreflexionen, sondern (umgangssprachlich) alle Rückwürfe. Je früher diese Rückwürfe zum Zuhörer kommen, desto besser unterstützen sie den Direktschall. Kommen sie nach längerer Verzögerung, werden sie (im engeren technischen Sinn) als Echo wahrgenommen und erschweren die Verständlichkeit.

Die Suche nach Möglichkeiten, die Schallwege zu verkürzen, um die Reflexionen früher am Ohr des Zuhörers eintreffen zu lassen, zieht sich durch die gesamte Geschichte der Architektur. In älteren Kirchen half meist ein mit Ornamenten geschmückter Schalldeckel über der Kanzel (auch Kanzelhimmel genannt), damit das Publikum etwas mehr hörte. Moderne Akustiker adaptierten die traditionelle Lösung in klaren, geometrischen Formen. So sind in mehreren Handbüchern der 1930er und 1940er Jahre hyperbolisch-parabolische Schallreflektoren abgebildet, darunter – als besonders beliebtes Beispiel – jene, die der holländische Architekt Johan Pieter Fokker (1889–1963) um 1930 für die Haarlemer Sint-Bavo-Kathedrale entworfen hatte.[92] In Auftrag gegeben, publiziert und erklärt hatte die Reflektoren sein viel bekannterer älterer Bruder, der Physiker Adriaan Daniël Fokker (1887–1972), der sich später vor allem der Musik zuwandte.[93] Bemerkenswert an den Reflektoren der Brüder Fokker ist, dass sie nicht



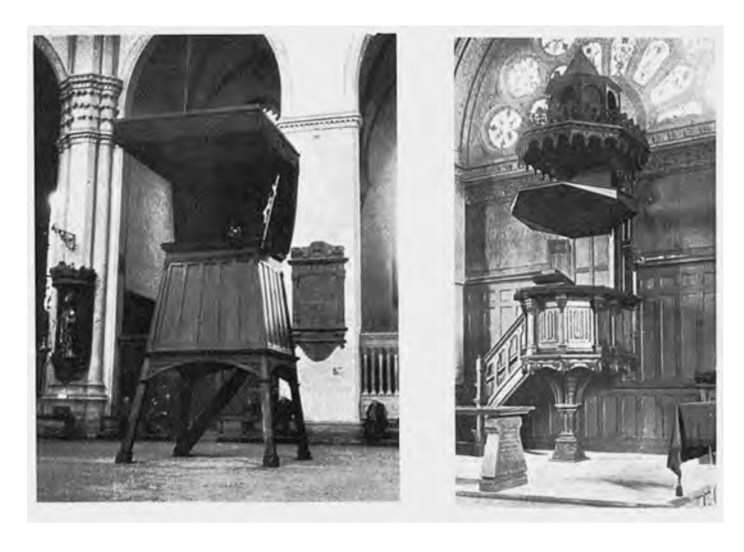
**4.20** Ein parabolischer und ein hyperbolisch-parabolischer Kanzelreflektor in der Sint-Bavo-Kathedrale in Haarlem, entworfen vom Architekten Johan Pieter Fokker und publiziert von seinem Bruder, dem Physiker und Musiker Adriaan Daniël Fokker im Fachartikel «On the construction of sound reflectors», 1930.

**4.21** Fokkers grafische Analyse der Schallverteilung: Beim hyperbolisch-parabolischen Reflektor wird die Kanzelpredigt von unten und oben wie auch von der Seite her zum Publikum reflektiert.

nur von oben wirken, sondern den Schall auch von unten her spiegeln und so die Wirkung des Bodens auf die Schallverteilung miteinbeziehen. Die Brüder hatten zwei auf dem Boden stehende Kanzelhauben gebaut: einen parabolischen Reflektor, der von unten und oben die Sprecherstimme reflektierte, und einen hyperbolisch-parabolischen, der den Schall zusätzlich von der Seite her zurückwarf (Abb. 4.01, 4.20, 4.21).

Adriaan Daniël Fokker vom Natuurkundig Laboratorium der Teyler-Stiftung in Haarlem hatte hierfür in Zusammenarbeit mit Maximiliaan Julius Otto Strutt (1903–1992) vom Natuurkundig Laboratorium des Philips Glühlampenwerks in Eindhoven Messungen mit Hilfe einer Lautsprecherschallquelle unternommen. Der Vergleich der Messresultate ergab, dass die Sprachverständlichkeit mit den abstrakt-flächigen parabolischen Reflektoren der Fokkers zwei bis drei Mal besser war als ohne Schalldeckel, und auch besser als bei traditionellen ornamentierten Kanzeldeckeln.[94] Wie lange die grossen und auffälligen Reflektoren in der Kathedrale benutzt wurden, ist nicht überliefert. Es darf jedoch vermutet werden, dass auch sie bald durch Lautsprecher ersetzt wurden.[95]

Osswald verwies Ende der 1930er Jahre in der Architekturzeitschrift *Das Werk* im Rahmen einer «historische[n] und allgemeine[n] Einführung» in die Bauakustik ebenfalls auf die Schalldeckel. Zum einen erwähnte er ver-



4.22 Schallreflektoren, sogenannte Kanzelhimmel, in Franz Max Osswalds 1938 von der *SBZ* veröffentlichten «historischen und allgemeinen Einführung» in die Bau-Akustik: Eine verschiebbare Notkanzel in der Kirche San Petronio in Bologna und ein «seit Jahrzehnten beibehaltener 'provisorischer' Kanzelzwischendeckel» in einer unbenannten reformierten Schweizer Kirche.

schiebbare «Notkanzeln», welche nach Bedarf im Kirchenraum bewegt werden könnten. Weiter zeigte er hier Beispiele moderner Kanzelhauben mit streng geometrischer Form, an die sich auch die Fokker-Brüder gehalten hatten. Auf einer Abbildung ist sogar eine zweite, modern-geometrische Kanzelhimmeldecke unter dem ursprünglichen ornamentierten hölzernen Kanzelhimmel zu sehen, ein, so die Bildunterschrift, «[s]eit Jahrzehnten beibehaltener 'provisorischer' Kanzelzwischendeckel in reformierter Schweizer Kirche» (Abb. 4.22).[96] In seiner technisch-organischen, schmucklosen Variante wirkt der Schalldeckel geradezu wie eine Erfindung der Moderne, als hätte man die während des Ersten Weltkriegs zur Lokalisierung feindlicher Flugzeuge in Beton gegossenen, riesigen Paraboloide hier für eine kulturelle Funktion adaptiert, damit nämlich die Zuhörenden die Kanzelpredigt im Kirchenraum vernehmen und verorten könnten.

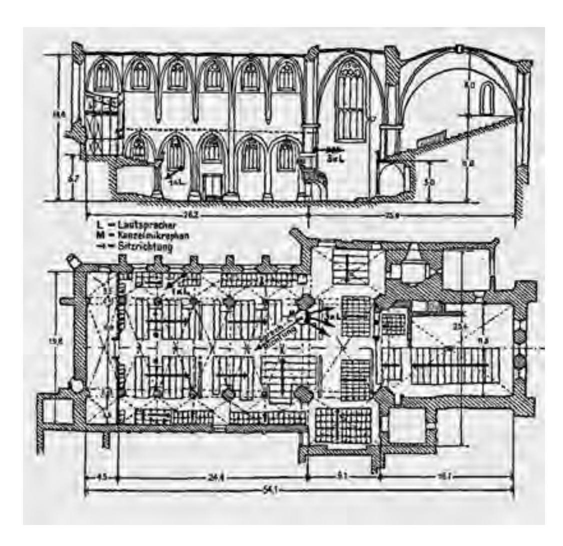
Schalldeckel wurden von Osswald auch schon 1927 als mögliche Behelfsmassnahme für die Akustik im künftigen Völkerbundpalast ins Spiel gebracht. In der *SBZ* kritisierte er dabei mit Blick auf die eingereichten Projekte, dass in den «konventionell geformten Räumen kaum eigentliche *Schalldeckel* über der Rednertribüne vorgeschlagen sind, woraus geschlossen werden darf, dass unter den Wettbewerbern wenige Kirchenbauer waren; denn gut geformte und reichlich bemessene Schalldeckel sind in vielen Fällen wertvoll.»[97] Die Dimensionen des grossen Versammlungssaals waren schliesslich eher mit Kirchensälen als mit bisher bekannten Auditorien vergleichbar.

## Verfrühte elektrotechnische Versuche im Zürcher Fraumünster (1934)

Die generelle Kritik an den «klangverzerrenden Defekte[n] der Gross-Lautsprecher», aufgrund welcher Osswald deren Einsatz im Völkerbundsaal als «verfrüht» bezeichnet hatte, verschwand gelegentlich aus der Fachliteratur.[98] Doch die bei den Kölner Versuchen ebenfalls 1927 so betonte «besondere Sorgfalt» bei der Platzierung der Lautsprecher bedeutete im Grund genommen nicht viel mehr, als dass die Technik für eine breite Anwendung noch nicht geeignet war.[99] Die Ambition der Experten, sich die elektrische Verstärkung anzueignen, machte allerdings auch vor Osswald nicht Halt, als er sich 1934 am Einbau von Grosslautsprechern in der Zürcher evangelisch-reformierten Kirche Fraumünster beteiligte. In der *SBZ* berichtete er drei Jahre darauf:

> Auf dem Kanzeldeckel wurde […] eine Dreiergruppe von Lautsprechern, nach dem Chorteil weisend, installiert, ferner ein Hilfslautsprecher an der Wand hinten im linken Seitenschiff. Mit dieser vom Kanzelmikrophon gesteuerten Zusatzbeschallung wurden ohne Änderung des Bestuhlungsplans die früher benachteiligten Zuhörer befriedigend in «direkte» Hörrichtung gebracht, und das immer noch beträchtliche allgemeine Nachhallen dominiert nicht mehr so stark.[100]

Das «immer noch beträchtliche allgemeine Nachhallen»: Richtiggehend zufrieden war Osswald nicht mit der Umsetzung. Mit Schallabsorbern, so empfahl er deshalb, könne durch die «[s]tarke Dämpfung der Decke des



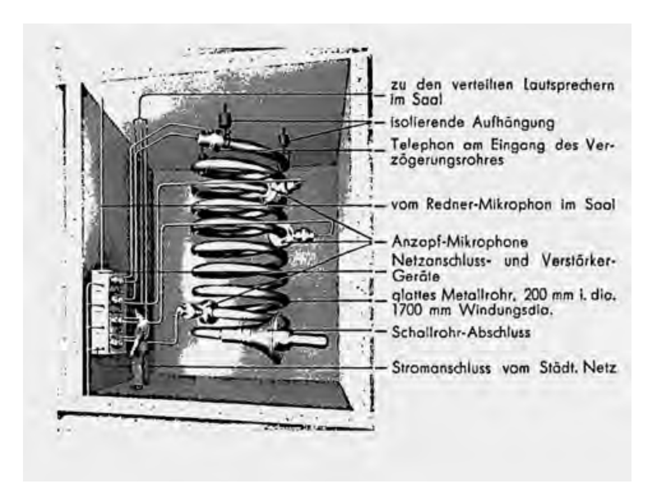

**4.23 Osswald beanspruchte auch für sich einen Platz unter den Pionieren der Elektroakustik: Plan für eine «Elektrische Lautverstärkungsanlage in der Fraumünsterkirche, Zürich, 1934», den er 1937 in der *SBZ* präsentierte.**

Querschiffes dieser 13 000 m³ grossen reinen Steinkirche» aber eine weitere Hörverbesserung für die Predigt erreicht werden, ohne die Wirkung der Orgelmusik oder des Gesangs zu mindern (Abb. 4.23). Stellvertretend für seine Generation von Akustikern zeigt sich hier eine Verschiebung der zur Verfügung stehenden Argumente und Hilfsmittel. Ein Vergleich des Fraumünster-Projekts mit dem Wettbewerb für den Völkerbundpalast in seinem 1937 in der *SBZ* publizierten Fachbeitrag «Zur akustischen Gestaltung von Grossräumen» bot Osswald dabei die Gelegenheit, sich selbst – nicht ganz uneitel – als einen Pionier der Elektroakustik darzustellen:

> Beim Architektenwettbewerb vor zehn Jahren wurden für diesen Bau erschreckend grosse und fast durchwegs akustisch hoffnungslose Projekte eingereicht. [An dieser Stelle verweist Osswald mit einer Fussnote auf seinen eigenen, 1927 in der *SBZ* publizierten Beitrag, S. v. F.] Keines der Projekte liess elektrische Schallunterstützung erkennen, was beim damaligen Entwicklungsstand ohnehin nur ein Notbehelf sein musste. Man musste in der Folgezeit vor allem das Heil in möglichster Verkleinerung des Saales suchen […].[101]

Tatsächlich hatte Osswald bereits damals in der *SBZ* «eine Anzahl individuell angeordneter elektrischer Lautsprecher [‘Halblautsprecher’] von nur ganz mässiger Stärke» in den hinteren und seitlichen Bereichen «zur *lokalen* Lautheitsunterstützung» vorgeschlagen.[102] Zugleich schien ihn allerdings 1937 das Problem des verfälschten räumlichen Höreindrucks stärker zu interessieren als die Details der Lautsprechertechnik, der er auch jetzt noch eine gewisse Skepsis entgegenbrachte. Entweder, so schrieb er, riskiere man, dass «sehr kräftige Apparate» nicht den gewünschten Effekt erzielen, weil «der Redner […] dadurch zur akustischen Monstrosität werden» könne. Oder «das ganze Auditorium» werde «in Schall eingehüllt, und man läuft Gefahr, dass die üblicherweise erwartbare Herkunftsrichtung des Schalles Missorientierung erleidet».[103]

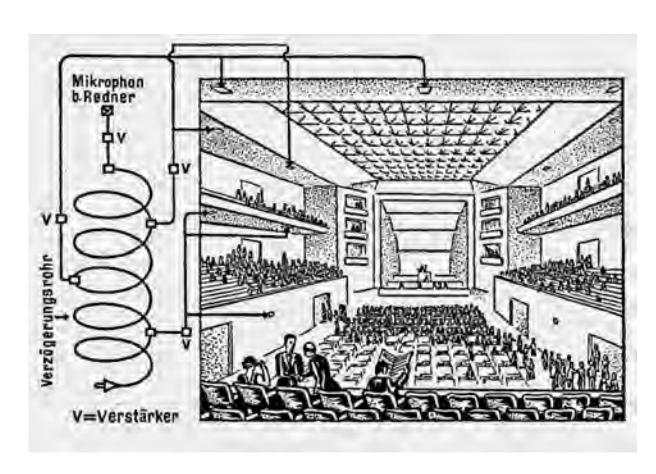
Die unbefriedigenden Hörerfahrungen im lautsprecherbeschallten Fraumünster spornten Osswald gleichwohl an, eine bessere Lösung zu finden: Abhilfe, so seine Empfehlung, könnte ein von ihm entworfenes «Luftschall-Verzögerungsrohr für verteilte Lautsprecher in einem 70 Meter langen Saal» schaffen. Eine dazugehörige Abbildung zeigte, wie man sich dieses Rohr vorzustellen hatte: eine sechs bis sieben Meter hohe Apparatur, die allein schon einen eigenen Raum benötigt hätte – verständlich also auch, dass das Rohr nur als beschriftete Perspektivzeichnung dokumentiert ist (Abb. 4.24).




**4.24 Osswalds «Luftschall-Verzögerungsrohr für verteilte Lautsprecher in einem 70 m langen Saal» sollte ein akurates räumliches Klangbild simulieren. Modellzeichnung aus dem *SBZ*-Bericht von 1937.**

Dieses «Luftschall-Verzögerungsrohr» sollte jedenfalls die Schallübertragung in den Kirchenraum zeitlich so steuern, dass die Raumwirkung trotz Lautsprecherinstallation erhalten bliebe. Es wäre elektrisch betrieben und würde den Schall mit einer zeitlichen Verzögerung vom Mikrofon zu den im Raum verteilten Lautsprechern leiten.[104]

Osswald präsentierte noch weitaus grössere Anwendungsbereiche für seinen Entwurf. Denn bei dieser Gelegenheit konnte er es sich mit Blick auf die bevorstehende Fertigstellung des unterdessen verkleinert geplanten Völkerbundsaals nicht verkneifen darauf hinzuweisen, dass «hier mit Befriedigung konstatiert werden» könne, «dass der nunmehr der Vollendung entgegengehende Saal […] sich bezüglich Volumen und Form an den vom Verfasser ausgearbeiteten hors concours-Entwurf anlehnt».[105] Vor allem aber hatte er in einer der Kommentierung beigegebenen weiteren Perspektivzeichnung des schliesslich gebauten Saals sein «Luftschall-Ver-




**4.25 Im 1937 eröffneten Versammlungssaal des Völkerbunds mit 1540 Sitzplätzen sah Osswald eine Anwendungsmöglichkeit für sein «Luftschall-Verzögerungsrohr». Modellzeichnung aus dem *SBZ*-Bericht von 1937.**

zögerungsrohr» gleich mit eingezeichnet, womit er seine geistige Mitautorschaft am Bau des Völkerbundes mindestens ein weiteres Mal zu unterstreichen suchte. In der Perspektive war zugleich gut sichtbar, wie seine elektrisch unterstützte «Schallverteilungsanlage» verhindern sollte, dass das Lautsprechersignal noch vor dem Direktschall beim Empfänger eintrifft (Abb. 4.25).

Letztlich nahm Osswald damit Themen vorweg, denen sich die elektroakustische Forschung – im Zuge der Verarbeitung der Schallsignale ohne das Nachbilden analoger Raumdistanzen – erst ein Jahrzehnt später widmen würde. Das «Luftschall-Verzögerungsrohr» überforderte die Elektroakustik der 1930er Jahre schlichtweg. In dieser frühen Phase der Lautsprechertechnik, die Osswald während seiner Karriere noch erlebte und der er mit seiner Vision voraus war, suchte die Elektroakustik erst einmal nach einer Klarheit der Signalübertragung und nicht etwa nach Stereoeffekten oder gar Raumeindrücken.[106]

Osswalds Erfindung eines Spiralrohrs, aus dem der Schall zeitverzögert und trotzdem ohne Verzerrung herauskäme, war ein reines Fantasieprodukt. Es hätte wohl – wie ein nüchterner Blick auf die Zeichnung vermuten lässt – im Praxistest auch bitter versagt, denn innerhalb und am Ende des Rohrs wären Reflexionen und Überlagerungen entstanden, die die Sprache komplett unverständlich gemacht hätten. Der Wunsch allerdings, Klangsignale entsprechend dem Wissen über die Physiologie des Hörens zu manipulieren, zeigt Osswalds Umsicht auf dem weiten und interdisziplinären Gebiet der Akustik, deren Erkenntnisse aus Physik, Physiologie und Psychologie noch nicht zusammengeführt worden waren.

### Architektonische Verstärkung im Zürcher Kongresshaussaal (1937)

Auch zehn Jahre nach den Debatten um den Völkerbundsaal gingen die Expertenmeinungen in der Raumakustik hinsichtlich wirksamer akustischer Verstärkungsmassnahmen noch weit auseinander. Das zeigt ein anderes prominentes Beispiel: das Zürcher Kongresshaus, das heute als bedeutender Vertreter der gemässigten, zuweilen verspielten Schweizer Architekturmoderne gilt. Als das Architekturbüro von Max Ernst Haefeli (1901–1976), Werner Max Moser (1896–1970) und Rudolf Steiger (1900–1982) im November 1936 am Architekturwettbewerb für das Kongresshaus teilnahm, waren im Saal keine Lautsprecher vorgesehen. Im Januar 1937 wurde ihr Entwurf zum Wettbewerbssieger erklärt und im März 1937 der Auftrag zur Weiterbearbeitung erteilt. Das revidierte Projekt wurde im Juni vom Stadtrat gutgeheissen.[107]

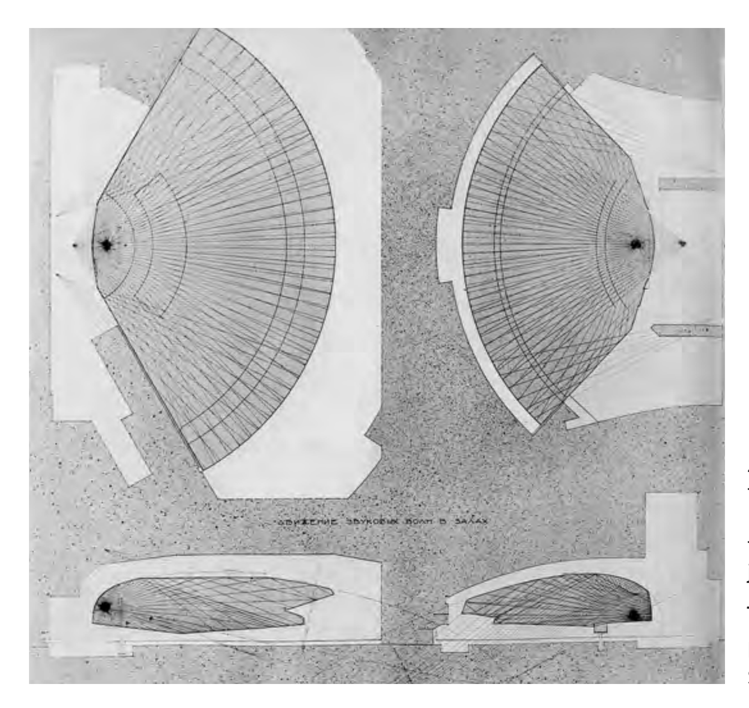
Für das Kongresshaus Zürich entwarf das Büro Haefeli Moser Steiger einen L-förmigen Bau, der neben dem älteren Tonhallesaal einen neuen Kongresssaal und ein grosses Foyer vorsah. Für den Neubau wurden Pavillons, Türme und der westliche Gebäudetrakt des 1895 eingeweihten Tonhallebaus abgebrochen, nicht aber die Tonhalle selbst (vgl. Abb. 4.29).[108] Von den sechs Preisträgern des Kongresshauswettbewerbs hatte nur der sechstplatzierte deren Abbruch vorgeschlagen, die Mehrzahl der Entwürfe integrierte den berühmten Konzertsaal, so auch Haefeli, Moser und Steiger.

Während die akustischen Fragen in der Wettbewerbsphase des Kongresshauses vorerst im Hintergrund blieben, wurde auch hier wieder – in einem veränderten politischen Umfeld – das Problem einer angemessenen Monumentalität diskutiert. Peter Meyer, der sich bereits journalistisch an der Debatte um den Völkerbundwettbewerb beteiligt hatte und unterdessen zum Chefredaktor des *Werk* avanciert war, liess es sich nicht nehmen, in der *SBZ* vom 13. Februar 1937 den Kommentar zum Wettbewerbsresultat zu schreiben und vier Wochen später am gleichen Ort eine wortstarke Debatte zu Symmetrie und Monumentalität auszutragen.[109] Diese sah Meyer gar nicht als Gegenspielerinnen der Funktion, denn es «gehört zum Zweck eines Staatsgebäudes eben auch eine gewisse Würde und Repräsentation, zum Zweck eines städtischen Kongressgebäudes eine gewisse Festlichkeit».[110]

Eine solche Festlichkeit strahlt der Kongresshausentwurf mit seinem Saaltrakt, der bis heute über der Zürcher Seepromenade thront, sehr wohl aus. Wie auch akustische eine festliche Stimmung aufkommen sollte, war aber ungeklärt. Die äussere Erscheinung war in den Wettbewerbszeichnungen in vielen Belangen entworfen, im Inneren und insbesondere für die Zwecke von Rede- und Musikveranstaltungen im grossen Saal wurde im Büro Haefeli Moser Steiger noch intensiv nach Lösungen gesucht.

Wie schon Karl Moser beim Wettbewerb für den Völkerbund waren zehn Jahre später auch sein Sohn Werner Max und dessen Kollegen mit einer Vielzahl inhaltlich unterschiedlicher Expertisen konfrontiert. Das Durcheinander der Ratschläge, welche die drei ehemaligen Schüler von Moser senior im In- und Ausland einholten, verdeutlicht das breite Spektrum der Lehrmeinungen in der Raumakustik. Die auseinanderklaffenden Empfehlungen büssten wohl nicht allein durch ihre Gegensätzlichkeit an Glaubwürdigkeit ein, sie wurden durch die aufkommenden neuen Messmethoden zuweilen sogar überflüssig.

Zu vier akustischen Experten, mit welchen jeweils mehrere Sitzungen stattgefunden hatten, legten die Architekten Dossiers an.[111] Einer dieser für die Kongresshausplanungen hinzugezogenen Berater war Franz Max

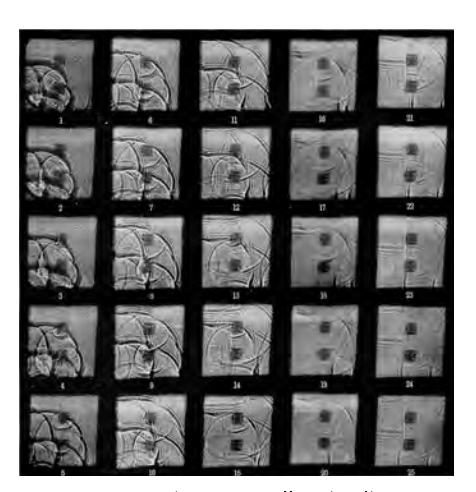


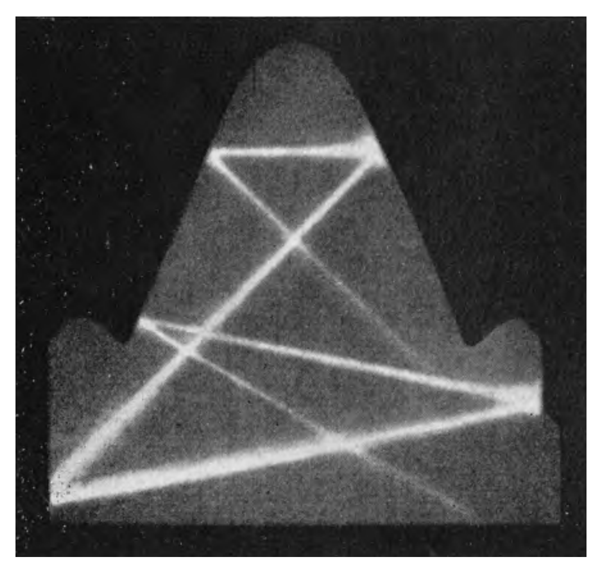

**4.26 In den Auditorien für 7000 und für 15 000 Personen im Wettbewerb für den «Palast der Sowjets» in Moskau ermittelte Johannes Bernardus van Loghem mit Schallstrahlenkonstruktionen die Schallverteilung.**

Osswald, ein weiterer der Rotterdamer Architekt Johannes Bernardus van Loghem (1881–1940), den Haefeli, Moser und Steiger von einem Treffen im Rahmen des CIRPAC (Comité international pour la résolution des problèmes de l’architecture contemporaine) in Amsterdam im Juni 1935 her kannten.[112] Darüber hinaus wurde das Architekturbüro Louis Villard fils in Clarens-Montreux, das sich auf akustische Beratungen spezialisiert hatte, angefragt.[113] Im vierten Dossier schliesslich finden sich die Protokolle von Gesprächen mit dem renommierten Berner Orgelexperten Ernst Schiess (1894–1981).[114] Neben den vier namentlich gekennzeichneten Dossiers zeigt die Honorarabrechnung auch Beteiligungen von weiteren Akustikern, unter ihnen Willi Furrer und Walter Pfeiffer, die an den Berechnungen der Nachhallzeiten im Saal und der Dämmwerte verschiedener Materialien beteiligt waren.[115]

Die weitaus grösste Summe für akustische Beratung erhielt mit 3000 Schweizer Franken Johannes Bernardus van Loghem.[116] Für seine akustische Kompetenz berief sich van Loghem auf die Projektierung seines Wettbewerbsbeitrags für den Moskauer Sowjetpalast von 1931, wo er die Schallverteilung in einem Auditorium für 15 000 und in einem für 7000 Personen mit Hilfe von Schallstrahlenkonstruktionen ermittelt hatte (Abb. 4.26). Hierfür muss er allerdings von einer enormen Lautstärke des Schallimpulses ausgegangen sein, der dann, so der Plan realisiert worden wäre, den Riesenraum durchquert hätte und am anderen Ende immer noch hörbar gewesen wäre.[117]

Das Büro Haefeli Moser Steiger fragte also van Loghem am 12. Mai 1937 um ein «Gesamtgutachten über die zu erwartende Hörsamkeit» des Musik- und Kongresssaals an und erkundigte sich nach den Methoden im Laboratorium von Philips in Eindhoven. Am 25. Mai schrieb van Loghem nach Zürich, dass Roelof Vermeulen (1895–1970) vom Philips-Laboratorium für Schallmessung und -prüfung seine Unterstützung zusage und die Messungen dort gemacht werden könnten.[118] Weshalb die Zürcher Architekten für die Planung des Kongresshauses nicht auf akustische Ultraschallwellenfotografien mit dem Luftschallwellenapparat in Osswalds Laboratorium an der ETH zurückgriffen, sondern durch van Loghem Wasserwellen- und Lichtreflexionsstudien im fernen Eindhoven anfertigen liessen, ist unklar. Dass van Loghem mit grösseren und vor allem dreidimensionalen Modellen arbeitete, erschien den Architekten womöglich plausibler. In aufwendigen Versuchen wurde dann im Philips-Laboratorium die Schallverteilung im zukünftigen Kongresshaussaal simuliert. Die Lichtreflexionen an einem Aluminiummodell und die Wasserwellen in einem Becken von der Form des Saalgrundrisses wurden fotografiert und die vage anmutenden, unscharfen Bilder, so gut es ging, analysiert (vgl. Abb. 4.30).





4.27 Mit Wasserwellen simulierte Eugen Michel, ein deutscher Pionier der Raumakustik, den Schallrückwurf in Rechteckumgrenzungen, wobei zwei quadratische Pfeiler in der Raummitte die Komplexität noch erhöhten. «Photographische Momenteinzelbilder» aus Michels Standardwerk *Hörsamkeit großer Räume* von 1921.

4.28 Mittels Lichtreflexionen im Modell wurde der Kuppelsaal in einem Kunstgebäude in Stuttgart auf seine akustische Charakteristik getestet. Abbildung aus einem Handbuch von Eugen Michel von 1938.

Wasserwellen- und Lichtreflexionsversuche zur Simulation der Schallverteilung, wie sie van Loghem unternahm, waren seit Vitruv bekannt, wurden angeblich auch im Atelier von Le Corbusier für den Völkerbundwettbewerb angewandt und sind im 20. Jahrhundert in der akustischen Fachliteratur beiderseits des Atlantiks dokumentiert.[119] Wallace C. Sabine in den Vereinigten Staaten und Eugen Michel in Deutschland sahen hierin eine ebenso einfache wie ungenaue Methode, deren Vorteil aber in der bildlichen Repräsentation durch die Fotografie lag.[120] Michel relativierte bereits 1921 in den Schlussfolgerungen seines reich mit Wasserwellenfotografien illustrierten Standardwerks *Hörsamkeit großer Räume* die Aussagekraft von Schallfotografien, als er festhielt, diese «photographischen Momenteinzelbilder» seien «ergänzend» zu anderen Untersuchungen zu betrachten (Abb. 4.27). In seinem kleinen Handbuch von 1938 zeigte er dann auch stattdessen eine Modellaufnahme mit Lichtreflexionen (Abb. 4.28).[121]

Wasser und Licht: Van Loghem bediente sich beider Methoden. Die Dokumentation der «Versuche über die Akustik des grossen Kongressaales, ausgeführt von Architekt von Loghem, Rotterdam, an einem Alluminium-Modell mit Licht und am Wasserwellenapparat» zeigt unter anderem auch eine Reihe von Lichtproben, nummeriert von A bis E.[122] Die Grautöne des Lichtverlaufs sind dabei nicht einfach zu interpretieren, was wohl der Grund ist, weshalb auf den Rückseiten der Fotografien zusätzlich jeweils handschriftliche Erklärungen hinzugefügt wurden.

Van Loghems in seiner Versuchsanordnung C eingebrachte Zickzack-Decke war letztlich der einzige Vorschlag mit Konsequenzen nicht nur für die Materialwahl, sondern sichtbar auch für die Saalgeometrie (Abb. 4.30). Alle anderen betrafen die Oberflächenbeschaffenheit und die Position des



**4.29** **Der Saaltrakt des Zürcher Kongresshauses nach dem Entwurf der Architekten Haefeli Moser Steiger, knapp fertiggestellt zur Eröffnung der Landesausstellung von 1939, erweiterte die Tonhalle in einer L-Form zum See hin.**

Redners. So riet van Loghem in seinem Bericht vom 24. Juni 1937 und noch einmal im Begleitschreiben zu den Fotografien vom 5. Juli 1937, dass der Redner nicht zu weit vorn stehen solle, damit der Schall auch bis zu den hinteren Balkonen reflektiert werde.[123]

Ob die Zürcher Architekten von der akustischen Expertise wirklich gestalterische Vorschläge erwartet hatten, darf angezweifelt werden. Sie zeigten sich in der Folge reserviert. Die Zickzack-Form, welche den Schall besser im Saal streuen sollte, testeten sie zwar in einer zeichnerischen Studie mit der Bildunterschrift «Schallreflektor» (Abb. 4.31), andere, weitgehend unabhängig von van Loghems Ratschlägen entstandene Zeichnungen sind jedoch weitaus genauer ausgearbeitet (Abb. 4.32). Die weitere Korrespondenz zeugt von immer weniger gegenseitigem Interesse. Die vom Büro Haefeli Moser Steiger Ende Oktober zusammen mit einigen Fragen nach Holland geschickten Vorschläge wies van Loghem seinerseits Mitte November 1937 zurück, weil sie «nämlich so kompliziert» seien, «dass Sie mein Zögern begreifen werden». In seinem dreiseitigen Brief widerlegte er in zehn Punkten die Vorschläge der Architekten, eine holzverkleidete Decke und grosse Glasflächen anzubringen. Die Gestaltung müsse funktionalen und nicht ästhetischen Prinzipien folgen:

> Lassen wir es uns doch vor Allem deutlich machen, dasz wir als Mitglieder der Kongresse doch grundsaetzlich arbeiten muessen, d. h. die alte aesthetische Erinnerungen aufgeben muessen, danach das wirklich brauchbare machen, und dann dieses Brauchbare auf neuem aesthetisch beleben muessen. Daraus folgt, dasz:
> Es fuer mich sehr unbegreiflich ist, dasz die zick-zack Decke «aus verschiedenen Gruenden» nicht ausgefuehrt werden kann, waehrend sie aus akustischen (neue Errungenschaft) Gruenden vor zu ziehen ist.[124]

Wie van Loghem erging es auch den anderen Akustikern, die im Entwurfsprozess für das Kongresshaus als Berater konsultiert worden waren: Keiner ihrer Lösungsvorschläge wurde von den Architekten übernommen. Besonders kritisch verhielt sich das Büro gegenüber dem Orgelexperten Schiess, dessen Vorschläge bereits in den Protokollen in Frage gestellt wurden. An den drei Besprechungen mit Schiess nahm nicht nur der junge projektverantwortliche Architekt Max Kirchhofer (1910–2011), sondern auch Rudolf Steiger persönlich teil, was auf dessen besonderes Interesse schliessen lässt.[125] Schiess berief sich in seinen Ratschlägen auf die harmonikale Lehre,

C. Beleuchtungsstärken am Hinter-Balkon.

1. Vorschlag Haefeli, Moser, Steiger :

KABINE

der Laut wird hinten auf dem Balkon zu schwach sein.

2. Vorschlag van Loghem :

3 TEILE WEICH

HART

der Laut ist hinten besser, aber der weiche Teil an der Decke ist zu gross.

3. Endvorschlag van Loghem:

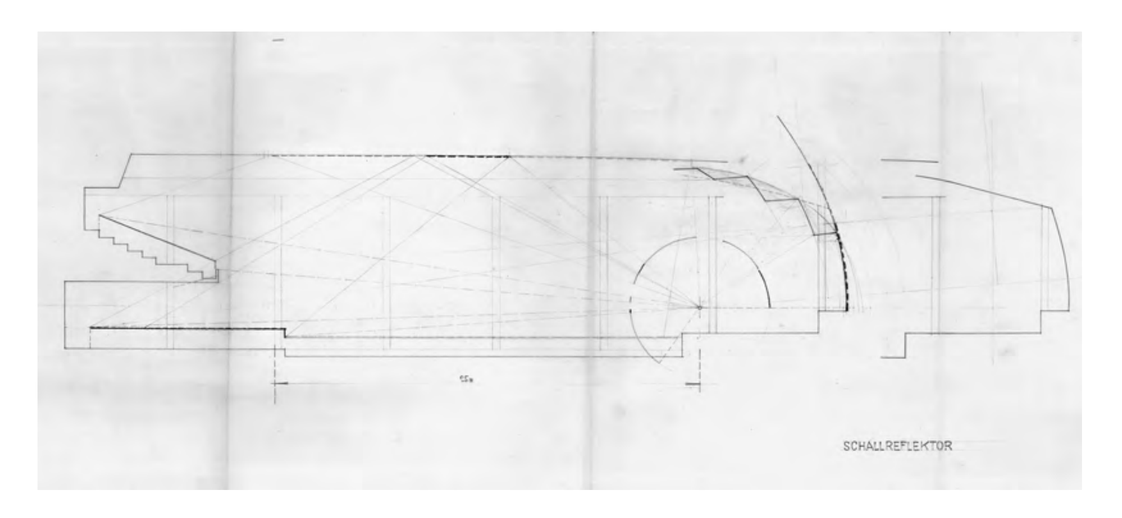
HART

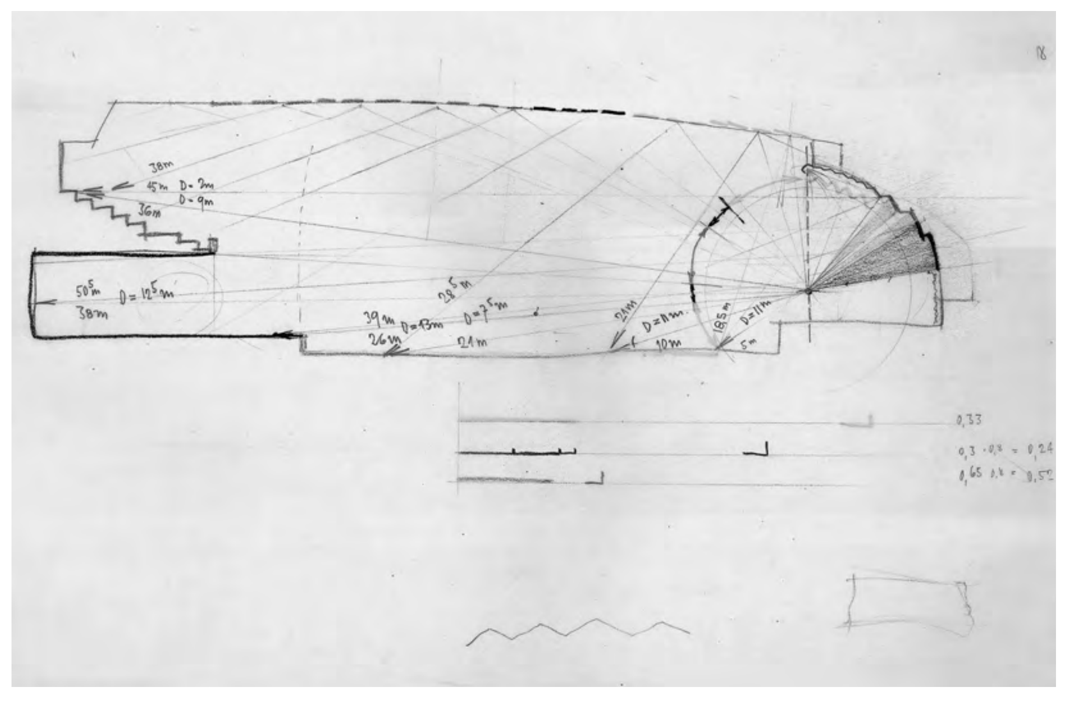
2 TEILE WEICH

Laut gut, weicher Teil kleiner.




4.30 Mögliche Saalgeometrien für das Kongresshausprojekt wurden 1937 von Johannes Bernardus van Loghem in den Philips-Laboratorien in Eindhoven mittels Lichtreflexionen geprüft, um eine akustisch optimale Form zu finden. Seite aus dem von Haefeli Moser Steiger damals angelegten Dossier «van Loghem».




4.31 Die als Schallreflektor gedachte Zickzack-Decke über der Bühne des geplanten Kongresshaussaals war eine Empfehlung von van Loghem, auf welche die Architekten schliesslich nicht eingingen. Zeichnung No. 2093 aus den Unterlagen von Haefeli Moser Steiger zum Kongresshausprojekt von 1937.

4.32 Mit Gelb, Blau und Rot zeichneten Haefeli Moser Steiger die Schallreflexionen in den verschiedenen Saalbereichen des geplanten Kongresshauses im Längsschnitt ein und ordneten diesen über der Bühne die schallrelevanten Reflexionsbereiche zu. Zeichnung No. 2091 aus den Unterlagen von Haefeli Moser Steiger zum Kongresshausprojekt von 1937.

wie sie der Kunst- und Musiktheoretiker Hans Kayser (1891–1964) vertrat, der wiederum im Kreis um Sigfried Giedion grossen Respekt genoss und öfters bei Giedions sozialen Anlässen zu Gast war.[126]

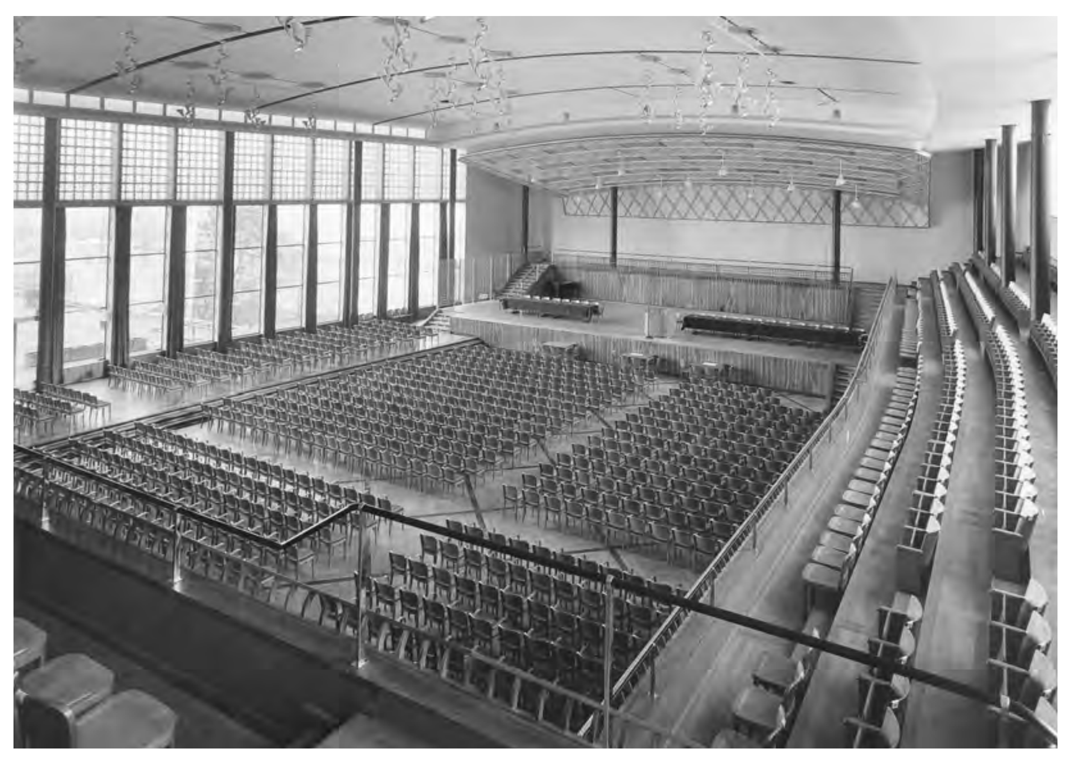
In der Übertragung auf die Architektur besagte die aus der Mathematik und der musikalischen Grundlagenforschung entwickelte harmonikale Theorie, dass harmonische Proportionen wie 2:3:5, 1:1:2, oder 2:3:4, wenn sie auf die Dimensionen des Raums übertragen werden, zu einer guten Akustik führen. Diese Theorie fand auch im 20. Jahrhundert noch viele Anhänger, ungeachtet der Tatsache, dass sie, wie im ersten Kapitel ausgeführt, schon um 1900 von Wallace C. Sabine zurückgewiesen worden war. Schiess jedenfalls empfahl Anfang Juli 1937 für den Entwurf des Saals im Zürcher Kongresshaus als erstes eine «grössere Raumhöhe», denn diese sei «erforderlich für gute Klangfülle der Vokale, die für die Verständlichkeit ausschlaggebend sind».[127] Das Besprechungsprotokoll vermerkt dazu als «1. Einwand», dass der amerikanische Akustiker Vern O. Knudsen (1893–1974) die Konsonanten als ausschlaggebend eruiert habe, und als «2. Einwand», «für die Empfindung solle der Saal nicht zu hoch sein.»[128] Schiess' Ratschlag widersprach Osswalds kurz zuvor geäussertem Urteil, dass eine nicht zu hohe Saaldecke wegen der kürzeren Schallwege eine gute Akustik gewährleisten könne.[129]

Von Osswald bis Spiess, von van Loghem bis Louis Villard fils: Die verschiedenen Experten wurden zwar angefragt, angehört und ihre Aussagen wurden sorgfältig protokolliert. Die Entscheidungen aber fällten am Ende die Architekten nach eigenem Ermessen. So fertigten sie auf Basis einer selektiven Auswahl der Anregungen Studien zur Schallverteilung im Saal an. In zwei Zeichnungen auf Transparentpapier ist die Schallausbreitung im Saal festgehalten und entsprechend der Schallgeschwindigkeit von 343 Metern pro Sekunde (bei trockener, warmer Luft) von der Distanz auf die Zeit umgerechnet, nämlich für den «Schallradius 28m (1/12 sec.)» und für kürzere Distanzen und somit geringeren Verzögerung des reflektierten Schalls 17 Meter (1/20 Sekunde). Beide Schallradien wurden für verschiedene Rednerpositionen konstruiert.[130] Für die einzelnen Zuhörerpositionen konnte so das Verhältnis von Direktschall und Reflexionen und damit die Sprachverständlichkeit beurteilt werden. Eine weitere Zeichnung nimmt mit dem kleineren Schallradius das bis heute als «Echogrenze» bekannte raumakustische Mass auf. Die Absicht dieses Konstruktionsvorschlags lag wohl darin zu überprüfen, ob der Raum in der Höhe wie in der Breite zu gross ist, um eine Rede ohne allzu viel Verzögerung zum Publikum in den mittleren und hinteren Bereichen zu übertragen.[131]

Alle drei Zeichnungen mit Schallradius-Konstruktionen zeigen im Schnitt eine im oberen Bereich gerundete Rückwand des Podiums. Es hat den Anschein, dass die Architekten relativ lange an dieser Form festgehalten, dann aber den problematischen Brennpunkt des Schalls auf dem Podium erkannt haben. Vermutlich später angefertigte Schnitt- und Grundrisszeichnungen differenzieren farblich die für die Schallreflexionen verantwortlichen Bereiche von Rückwand und Saaldecke im Saal (gelb), im rückseitigen Hochparterre des Saals (blau) und auf der Galerie (rot) (Abb. 4.32).[132] Diese Art der akustischen Analyse stand spätestens seit Le Corbusiers Darstellungen zur Akustik in *Précisions* von 1930 in den Bibliotheken modern orientierter Architekten.[133] Die problematische Rundung der Rückwand wurde nun in der Zeichnung korrigiert: Teile der Podiumsrückwand wurden mit mehreren abgekippten Flächen so gestaltet, dass sie den Schall (im Hochtonbereich) besser in den weiter entfernten Saalteil reflektiert. Diese Geometrie wurde im Ausführungsplan dann zu einer einzigen schrägen Fläche vereinfacht.[134]

Osswald hatte in seiner Expertise vom 28. Juni 1937 dazu geraten, in den rückwärtigen Bereichen des Saals eine «künstliche und verteilte Schallunterstützung» zu installieren, die eigentlich nicht vorgesehenen Lautsprecher also, für welche im Budget 20 000 bis 25 000 Schweizer Franken zu berücksichtigen seien.[135] Aus den Besprechungsnotizen geht zugleich aber auch hervor, dass ein adäquater räumlicher Eindruck mittels Lautsprecherübertragung nach Osswalds Einschätzung, wenn überhaupt, nur auf sehr kompliziertem Wege zu erreichen wäre. Ebenfalls im Juni 1937 bemerkte Osswald in einer Besprechung an seinem Institut an der ETH Zürich schliesslich, dass die Lautsprecher «vielleicht eine künstliche Entsynchronisierung» erfordern könnten, wie der erste Punkt des handschriftlichen Protokolls von Max Kirchhofer dokumentiert.[136] Mit der «künstlichen Entsynchronisierung», die noch hinzuzufügen wäre, spielte Osswald wohl auf seine gleichzeitig «entwickelte» eigene Riesenapparatur an, eben jenes «Verzögerungsrohr», das knapp drei Monate später das zentrale Thema von Osswalds Vortrag «Zur akustischen Gestaltung von Grossräumen» bei der Einhundertjahrfeier des SIA sein sollte und, wie erwähnt, von ihm im Anschluss in der *SBZ* präsentiert wurde.[137]

Wie das Büro auf die von Osswald vorgeschlagene «künstliche Entsynchronisierung» reagierte, ist nicht überliefert. Nicht auszuschliessen ist indes, dass eine Verstärkung über Lautsprecher zumindest kurz ins Auge gefasst wurde. Immerhin liegt dem Dossier für die akustische Planung des Kongresshauses Zürich mit dem Vermerk «Lautsprecheranlage» ein



4.33 Der Kongresshaussaal wurde als Mehrzwecksaal gebaut. Darin waren Redner und Musiker vorerst ohne Lautsprecherverstärkung zu hören. Die Reflektorflächen hinter und über der Bühne unterstützten die Schallverteilung im Raum.

Werbeprospekt der Firma Bell bei. Es präsentiert neben Markthallen, Hotels, Warenhäusern, Schwimmbädern und Ausstellungshallen auch Kathedralen, Basiliken und Kirchen, in denen Lautsprecher installiert worden waren. Am Beispiel der Kathedrale Notre-Dame in Paris wird etwa mit Strichzeichnungen der Wirkungsradius der Lautsprecher dargestellt, und in der Mitte der Broschüre zeigt eine grosse Fotocollage Lautsprecheranwendungen für öffentliche Versammlungen im Freien.[138]

Die Idee der Lautsprecher wurde unter dem Zeitdruck der Baurealisierung letztlich nicht weiter verfolgt. Vielmehr wurden verschiedene Positionen der Redner sowie die Neigung und Materialhärte von Rückwand und Decken diskutiert und getestet, um eine möglichst gute Schallverteilung zu erreichen. Wie die Schallradius-Zeichnungen belegen, waren sich die Architekten dessen bewusst, dass die Schallverteilung im Raum eine Herausforderung war. Die Erklärung dafür, dass überhaupt keine Schallverstärker eingesetzt wurden, ist wahrscheinlich in der unzulänglichen Klangqualität der erhältlichen Lautsprecher zu suchen, zu denen sich sowohl Osswald wie auch van Loghem kritisch geäussert hatten. Hinzu kam, dass nach der Weiter-

bearbeitung im Jahr 1937 die Ausführung plötzlich dem dringenden Plan folgte, rechtzeitig zur Eröffnung der Schweizer Landesausstellung 1939 auch das Kongresshaus fertigzustellen.[139]

Die Vorbehalte gegenüber Lautsprechern waren weit verbreitet: Es mag ein Zufall sein, dass, kurz bevor Haefeli Moser Steiger über die elektrotechnische Reproduktion der Reden im Kongresshaussaal sinnierten, auch die späterhin vielbeachtete Schrift von Walter Benjamin (1892–1940) über die durch die technische Reproduzierbarkeit bedrohte Aura des Kunstwerks in ihrer ersten, französischen Fassung erschien. Die Technik der Fotografie, genauso wie die Technik der Schallplatte, so Benjamin, entzögen die Werke der Echtzeit und Echtheit des Originals. Die befürchtete Beeinträchtigung der Aura betraf die bildnerischen genauso wie der musikalischen Künste. Das «Hier und Jetzt» würde durch die Reproduktion entwertet – ein Gedanke, der wohl nicht nur den erwähnten Tonträger der Schallplatte, sondern genauso die damit verbundene Lautsprecherwiedergabe einschloss.[140]

Die Frage der Authentizität der Stimme bei der Lautsprecherübertragung muss sich in den 1930er Jahren in einer heute kaum mehr nachvollziehbaren Ernsthaftigkeit gestellt haben. Nicht weit von Zürich setzte der nationalsozialistische Machtapparat Radiogeräte in Privatwohnungen und Lautsprecher bei öffentlichen Veranstaltungen gezielt und erfolgreich zur Verbreitung seiner Ideen ein. Ein in diesem Zusammenhang überlieferter Kommentar von Adolf Hitler, den auch Jacques Attali seinen *Bruits* voranstellte, lautet: «Ohne den Kraftwagen, ohne das Flugzeug und ohne den Lautsprecher hätten wir Deutschland nicht erobert!»[141] In Anbetracht dieser Instrumentalisierung der Verstärkung war es so oder so nicht nur eine Frage der Technik, sondern auch der Politik und der Ethik, wie die jeweiligen Akteure gegenüber dem Einsatz von Lautsprechern eingestellt waren.

Die lautsprecherlose Zeit des Zürcher Kongresshauses währte indes nicht lange. Da in der Wettbewerbseingabe keine Bühne für den grossen Saal vorgesehen war, eine solche aber im Betrieb alsbald vermisst wurde, kam es schon 1943 zu ersten Umbau- und Erweiterungsarbeiten. Nun entschieden sich die Betreiber des Kongresshauses auch für den Einbau von Lautsprechern. Gleichzeitig wurden im Foyer zwischen Kongress- und Tonhallesaal akustische Absorberelemente angebracht. Diese wurden in zwei Grössen als achteckige, freihändig gesägte Rosetten mit ausgeschnittenen Ornamenten so an der Decke montiert, dass sie Teil der schmuckvollen Innenarchitektur wurden. Um die Luftzirkulation durch die gelochte Decke zu führen, wurden die Rosetten abgehängt.[142]

Ein ausführlicher, unter anderem von Willi Furrer und Walter Pfeiffer verfasster Bericht über «akustische Massnahmen» am Zürcher Kongresshaus, der im Juni 1943 in der *SBZ* erschien, unterstrich, dass diese Optimierungen dringend notwendig seien, um den Saal besser vermieten zu können. Die Bildunterschriften beschreiben «[d]urchbrochene, achteckige Rosetten aus Holz als Träger der Glasseide» und «[g]elochte Gipsplatten als Träger des Schallschluckstoffes». Dazu hält der Text fest, dass «Schallschluckstoffe aus Holzfasern oder Asbest [...] infolge ihres verhältnismässig hohen Preises» ausschieden und stattdessen Glasseide und Glaswolle verwendet wurden, «die aber in geeigneter Weise abgedeckt werden mussten».[143] Im Gegensatz zu den ornamentierten Elementen der Schallabsorber und den Lufteinlässen im Foyer waren die Bühneneinrichtungen im Saal dabei möglichst so zu planen, dass sie bei Nichtgebrauch «vollständig unsichtbar» wären, um die – aufwendig erarbeitete – «Sprechakustik des Saals nicht zu beeinträchtigen».[144]

Die grundlegende Frage – Sprechakustik mit oder ohne elektrische Unterstützung – blieb noch lange ein heiss diskutiertes Problem. Der einst befürchtete Verlust der «Authentizität» von Klangerlebnissen wurde von Barry Blesser und Linda-Ruth Salter mit einer interdisziplinären soziologisch-elektroakustischen These so gekontert: Klänge seien ohnehin nie authentisch, sondern vom Raum beeinflusst und verändert – schliesslich sei jedes Geräusch, das an einer Oberfläche zurückgeworfen wird, bereits verformt. Gemäss diesem Argument bewirkten Vitruvs Klangvasen, klassische Pfeiler oder Stuckaturen in einem Konzertsaal genauso eine Transformation des Klangs wie eine schalldämmende Verkleidung oder eine Übertragung via elektroakustische Netze.[145]

> Zaubersäle, die noch auf den richtigen Zauberer warten. Denn von diesem Reich aus Tausendundeiner Nacht, das den Besucher des Funkhauses in Bewegung versetzt, pflegt leider nur allzu wenig durch den Lautsprecher zu dringen, und so sind viele Errungenschaften der raumakustischen Technik bis heute mehr ein Wunder fürs Auge als fürs Ohr.[146]
>
> Rudolf Arnheim, *Rundfunk als Hörkunst*, zuerst auf Englisch 1936

Seit der Erfindung des Grammophons Ende des 19. Jahrhunderts war der Musikgenuss nicht mehr auf den Konzertsaal beschränkt, und mit der Verbreitung des Rundfunks im 20. Jahrhundert erreichten Radio- und später dann auch Fernsehausstrahlungen bald jedes Haus – in den Städten wie in den entlegensten Dörfern. Globale Kommunikationsnetze formten ab der Jahrhundertmitte auch das Innere der Gebäude. Ob grosse Konzernzentrale oder privater Haushalt, nach und nach und in zunehmendem Masse waren sie allesamt mit elektroakustischen Installationen ausgestattet.[147]

Neubauten internationaler Organisationen wie der 1952 in New York eingeweihte Hauptsitz der Vereinten Nationen waren schon früh im Inneren und nach aussen elektroakustisch verbunden. Für Privatwohnungen blieben Simultanübersetzungen, Anrufbeantworter und all die anderen elektrischen Finessen der neuen Zentrale des Völkerbund-Nachfolgers zwar vorerst noch Zukunftsmusik, immerhin waren sie aber bereits 1956 Thema eines anlässlich einer Wohnmesse temporär installierten Musterhauses. Im «House of the Future» von Alison und Peter Smithson vermittelten die installierten und simulierten Geräte letztlich die Vision einer multimedialen Vernetzung, die – im Verbund mit der vermeintlichen Schallisolation – eine intime und kontrollierbare Lautsphäre möglich mache.

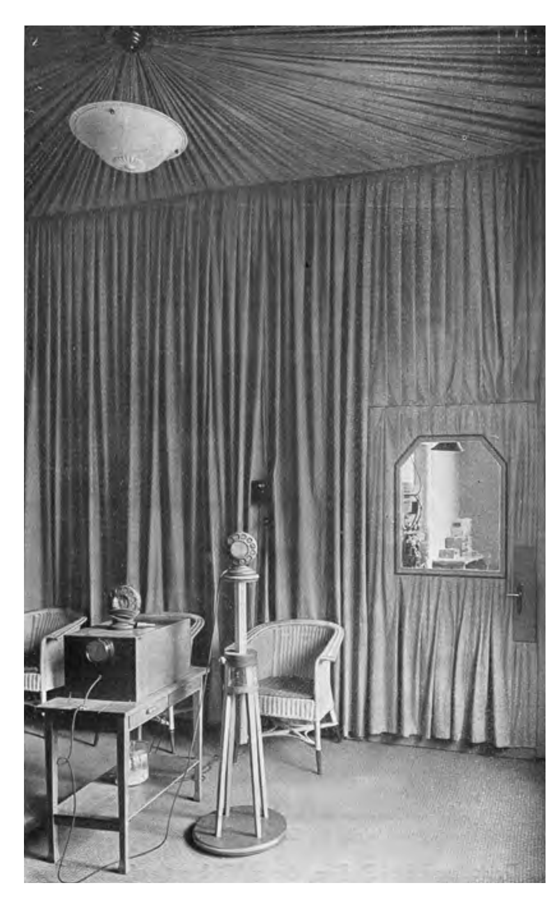
### Das «physikalische Mikrophon-'Ohr'» im Radiostudio (1926)

Als 1924 das Studio der ersten Deutschschweizer Unterhaltungsradiostation im oberen Stockwerk des Amtshauses IV der Stadt Zürich in Betrieb genommen wurde, war es nach dem Vorbild eines Londoner Radiostudios «so stark als möglich mit Stoffbespannung an den Wänden und an der ganzen Decke und mit dreifachem Bodenteppichbelag gedämpft», wie die Zürcher Wochenzeitschrift *Radio-Programm* berichtete.[148] Ziel dieser Massnahmen war es, den Raum als schallreflektierenden Körper zu beruhigen, damit die erschütterungsempfindlichen «anfänglich verwendeten

Kohlenkörnermikrophone» die Schallsignale so störungsfrei wie möglich aufnehmen könnten. Die Musik der Studiokapelle wie überhaupt der Ton allgemein käme durch die starke Dämpfung jedoch «ziemlich hart und kurz» beim Empfänger an, bemängelte zwei Jahre nach der Eröffnung des Studios der *Radio-Programm*-Berichterstatter. Bei diesem handelte es sich um keinen Geringeren als Franz Max Osswald, der als erster professioneller Raumakustiker der Schweiz den Auftrag erhalten hatte, die Akustik in dem Radiostudio zu verbessern. Auf seine Empfehlung hin wurde das Problem der ihrer Stimmung beraubten Klänge dadurch gelöst, dass ein Teil der schallabsorbierenden Stoffbespannungen entfernt und die Nachhallzeit wieder verlängert wurde (Abb. 4.34).[149]

Osswalds Ziel beim Umbau des Radiostudios war keine Raumakustik wie im Laboratorium, ihm ging es um den akustischen Gesamteindruck. Sein 1926 im Organ der Radio-Genossenschaft *Radio-Programm* veröffentlichter Bericht beginnt mit einem ausführlichen Exkurs zum Thema Nachhall.[150] Dies bereitete die Leser darauf vor, dass im Nachhall der Schlüssel zum Musikerlebnis liege. Durch Entfernen der Stoffe an der Decke und an den oberen Teilen der Wände wurde, Osswald zufolge, die Nachhalldauer von im ursprünglichen Zustand nur etwa 0,65 bis 0,8 Sekunden auf 0,8 bis 1,2 Sekunden verlängert. Dank seiner Beratung sei die Studioakustik nun sowohl für das «physikalische Mikrophon-‘Ohr’» wie für das menschliche Ohr angenehm: «Die bisherigen Erfahrungen haben [...] eine überraschende Verbesserung der Klangwirkung und Nüancierung ergeben».[151] Osswald stand mit seiner Empfehlung, in Radiostudios den Nachhall nicht allzu stark zu verkürzen, nicht allein. So sollte später auch der Orgelexperte Ernst Schiess in seiner Expertise für das Projekt des Zürcher Kongresshauses im Jahr 1937 genau hierzu raten – die Architektur von Radiostudios wurde geradezu mit dem Ende der räumlichen Klangfülle gleichgesetzt.[152]

Als die ersten Radiostudios eingerichtet wurden, stand, wie im Zürcher Radiostudio auch, als Senderaum nur ein einziges Zimmer zur Verfügung, das sowohl der Aufnahme von Sprache wie der von Musik dienen musste. Mit ihrer Kritik an der stumpfen Akustik dieser Räume, deren kurzer Nachhall jegliches musikalische Volumen unterbinde, stiessen Experten wie Osswald und Schiess um 1930 bei Elektrotechnikern sicherlich auf wenig Verständnis. Wie hier bereits in einem anderen Zusammenhang betont, war die Nachrichtentechnik vorerst mehr mit Sorgen um eine rudimentäre Signalübertragung als mit solchen um einer Klangfülle eben dieser Schallsignale beschäftigt.



4.34 Das erste Radiostudio in Zürich war nach englischem Vorbild mit absorbierenden Vorhängen und Teppich ausgekleidet, bevor Franz Max Osswald das Problem der zu harten und zu kurzen Klänge durch teilweises Entfernen der Stoffe zu lösen versuchte. Abbildung aus der Zeitschrift *Radio-Programm* von 1926.

4.35, 4.36 Die Radiosprecherin Dorothea Furrer um 1964 in einem halligen Korridor und einem reflexionsarmen Laboratorium. Die Bilder entstanden während Tonaufnahmen mit ihrem Vater Willi Furrer, Titularprofessor für Elektroakustik an der ETH Zürich.





Wie der Soziologe Dominik Schrage zum Erlebnis des subjektiven Vernetzt-Seins in den 1920er Jahren schrieb, gehörten Störungen des Sendesignals genauso zum neuen «radiophonen Erleben» wie Nachhall und Echo des Senderaums.[153] Der Gestalt- und Medientheoretiker Rudolf Arnheim (1904–2007) hatte die frühen Funkhäuser 1936 in seinem Essay als «Zaubersäle» bezeichnet, die jedoch «noch auf den richtigen Zauberer warten»: es entstehe hier «leider nur allzu wenig durch den Lautsprecher» und vieles aus der Vorstellungskraft, wenn bei den Empfängern der Radiosendung Hörbilder hervorgerufen würden.[154] Besonders faszinierte ihn dabei der Typus der Raumhallkabine, in der einer störungsfreien Aufnahme Hintergrundgeräusche und damit verschiedene Stimmungen beigemischt werden konnten. Die so konstruierten Raumstimmungen konnten dann wiederum in beliebige Räume gesendet werden.[155] Die «Zauberer», auf die die «Zaubersäle» der Rundfunktechnik warteten, waren die Vertreter der noch jungen Wissenschaft der Elektroakustik. Arnheims in Deutschland erst Ende der 1970er Jahre wiederentdeckte und publizierte Schrift reflektiert immanente Entwicklungen einer Zeit, in der sich die Kommunikationssysteme und mit ihnen die räumlichen Konstellationen grundlegend veränderten.

1926 hatten die deutschen Radiosender ihren einemillionsten Zuhörer begrüsst, zugleich nahm mit der Deutsche Welle GmbH die erste deutschlandweit ausstrahlende Rundfunkanstalt ihren Sendebetrieb auf.[156] Die Verbreitung des Rundfunks war nicht mehr zu bremsen, und die durch Telefonie, Radio und Elektroakustik entstehenden Raumbeziehungen sprengten die Begriffe herkömmlicher Hördistanzen.[157] Indes dauerte es noch Jahrzehnte, bis die Tonqualität die Präsenz des technischen Apparats vergessen liess.

Was die Raumakustik von Radiostudios angeht, so kann die Entwicklung über die Zeit auch an den Veröffentlichungen der an der ETH Zürich lehrenden Akustiker abgelesen werden. So hielt Willi Furrer 1941 in seiner Habilitationsschrift fest, dass für grössere Radiostudios ähnliche Bedingungen wie in Konzertsälen wünschenswert seien. Für mittelgrosse Studios empfahl er eine Nachhallzeit von einer Sekunde, für kleinere nur noch 0,6 Sekunden, weil diese «nicht einfach ein kleiner Konzertsaal [seien], sondern einen besonders intimen Charakter für Kammermusik und ähnliches» aufweisen sollten.[158] Furrers Ratschlag, die Nachhallzeiten im Aufnahmeraum von Radiostudios generell zu verkürzen, ist Ausdruck einer Tendenz, die sich im Radiostudiobau um 1940 abzeichnete (und erst in den 1950er Jahren wieder hinterfragt werden wird).

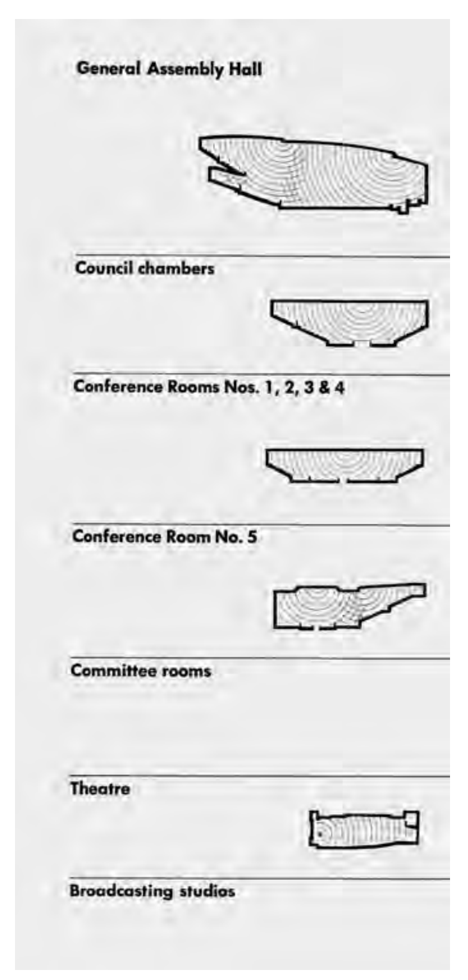
Die Frage, welcher Klang für welche Radioaufnahmesituation angemessen sei, liess Furrer dabei nicht mehr los. Noch um 1964 dokumentierte er

verschiedene Aufnahmesituationen mit seiner älteren Tochter, der Fernsehsprecherin Dorothea Furrer (1937–2014): Ein reflexionsfreies Laboratorium, ein langer, halliger Korridor und ein Wohnzimmer mit Teppich und Möblierungen waren die drei Umgebungen, die Vater und Tochter für ihr anschauliches Experiment gesucht hatten (Abb. 4.35, 4.36).[159] Was die in der Dokumentensammlung von Willi Furrer gefundenen Fotografien nur vermuten lassen, zeigte wohl die (nicht überlieferte) Tonaufnahme: Die reflexionsfreie Aufnahme war dem radiogewöhnten Ohr vielleicht vertrauter – und besser verständlich – als die Aufnahme im halligen Korridor.

Was Emily Thompson in ihrer Geschichte der Raumakustik und Hörkultur mit Blick auf die amerikanischen Hörgewohnheiten der 1930er Jahre bemerkte, gilt mit etwas zeitlicher Verzögerung auch für die Zürcher Radiostudios: «Indeed, the sound of space came to be considered an impediment, a noise that only interfered with the successful transmission and reception of the desired sound signal.»[160] Zu Osswalds Zeiten noch wäre mit Teppichen und Stoffbespannungen, Holzkassettierungen und Celotex-Platten im Hallraum die Raumcharakteristik bekämpft und im Radiostudio wiederum der verloren gegangen Raumklang wiederhergestellt worden. Ganz anders sah das dann in Furrers elektrotechnischer Ära aus. Für eine Tonaufnahme stand jetzt nicht nur das passende Mikrofon, sondern auch die gesamte Bandbreite an Raumstimmungen bereit. Die von Arnheim einst beschriebenen Töne «von diesem Reich aus Tausendundeiner Nacht, das den Besucher des Funkhauses in Bewegung versetzt» – aber noch nicht das Publikum an den Radioapparaten draussen im Lande –, erreichten in der Nachkriegszeit sehr wohl und in zunehmend zufriedenstellendem Masse die Ohren der auch noch so fernen Zuhörerinnen und Zuhörer.

### Elektrische Vernetzung für die Vereinten Nationen (1946)

Der Grösse des Publikums für Sprech- oder Musikanlässe schienen mit der raschen technischen Weiterentwicklung der Lautsprecherbeschallung bald kaum noch Grenzen nach oben gesetzt: Hatte man 1927 den Völkerbundsaal in Genf mit seinen im Wettbewerbsprogramm veranschlagten 2675 Sitzplätzen als akustisch nicht realisierbar beurteilt, sollte gut zwanzig Jahre später der Versammlungssaal im Gebäudekomplex der Vereinten Nationen in New York Raum für 3500 Personen bieten. Dass die Sprachvorträge im grossen Versammlungssaal der im Oktober 1945 ins Leben gerufenen Nachfolgeorganisation des Völkerbunds ihre über dreitausend Zuhörer über elektrische Übertragungen erreichen würde, stand 1946 ausser Frage.







4.37 Schematische Darstellungen der Schallverteilung in den lautsprecherunterstützten Versammlungs- und Sitzungsräumen der geplanten General Assembly Hall der Vereinten Nationen aus dem *Report to the General Assembly of the United Nations by the Secretary-General on the Permanent Headquarters of the United Nations* von 1947. Die Ausführungen zum Thema «Acoustics» nahmen eineinhalb der insgesamt 96 Seiten des Berichts ein.

4.38 Eine Doppelseite im *Report to the General Assembly of the United Nations* von 1947 war dem Thema Kommunikation gewidmet: Telefone, Intercoms, PA-Anlagen, Diktaphone und Teleautographen, die eine weltweite Vernetzung ermöglichen würden.

Nachrichtenübertragung war inzwischen zum zentralen Element der akustischen Disziplin geworden, die nicht nur die Telekommunikation, sondern auch die Architektur der Nachkriegszeit vor neue Bedingungen stellte. Mit Blick auf die Geometrie und die Materialisierung der geplanten neuen United Nations General Assembly Hall galt dabei angesichts der enormen Zahl der zu erreichenden Personen eine Voraussetzung als selbstverständlich: Der Saal sollte – einem Radiostudio gleich – ein akustisch neutrales Gefäss bilden. Dies verlangte nach einer ganz anderen Art der akusti-

schen Konzeption als die Klangkörper der früheren Auditorien, deren Geometrie und Materialien so gewählt wurden, dass sie möglichst viel Schall reflektierten.

Der *Report to the General Assembly of the United Nations by the Secretary-General on the Permanent Headquarters of the United Nations* von 1947 vermerkte, das Auditorium der General Assembly erfordere «special attention to the reduction of cubic volume and to the arrangement and choice of sound absorbent and reflecting areas on walls, ceilings, and other surfaces.»[161] In den Schemaschnitten der lautsprecherunterstützten Versammlungs- und Sitzungsräume waren von der Decke ausgehende Schallwellen eingezeichnet. Diese Räume ganz unterschiedlicher Grössen wurden hier zwar grafisch ähnlich repräsentiert (Abb. 4.37). Die akustischen Anforderungen waren allerdings vielfältig: Neben Auditorien, Sälen und Sitzungszimmern gab es auch kleine «broadcasting studios», aus welchen Nachrichten aus dem UN-Gebäude in die ganze Welt versendet werden sollten.[162]

Im *Report* wurde unterschieden zwischen den zwei kleineren, reflexionsfreien «studios for talks», von wo aus Gespräche übertragen werden könnten, und den vier grösseren und informelleren «general purpose studios», welche weniger akustische Absorption benötigen würden. Nicht nur der Saal für die General Assembly, auch die anderen Rats-, Konferenz- und Besprechungsräume sollten mit Telefonen, Diktaphonen, Teleautographen,



**4.39 1952 wurde der neue Hauptsitz der Vereinten Nationen am East River in New York City eingeweiht. Die in Richtung des Podiums zusammenlaufende Saalform zeichnet sich auch stadtseitig ab.**

Television, Gegensprechanlagen, Verstärkern und weiteren Geräten ausgerüstet werden, wie der Bericht – mit sichtlicher Freude an den Möglichkeiten moderner Kommunikationstechnik – ausführte (Abb. 4.38). Die Erläuterungen zum Thema «Acoustics» nahmen eineinhalb der insgesamt 96 Seiten des Berichts ein, und damit mehr als jene zur nicht minder wichtigen Belichtung oder zur Ventilation.

Der 1946 begonnene Planungsprozess für den Hauptsitz der Vereinten Nationen wurde letztlich von ebenso grosser internationaler Aufmerksamkeit begleitet wie der für den Genfer «Palast» der Vorgängerorganisation Völkerbund. Zugleich führte er in viel kürzerer Zeit zu einem Resultat: 1948 war Baubeginn, 1952 wurde die Anlage eingeweiht. Im Zentrum des gesamten Gebäudekomplexes liegt dabei bis heute, seiner Bedeutung entsprechend, der grosse Versammlungssaal.[163] Der leitende Architekt Wallace K. Harrison (1895–1981) habe, so ist überliefert, die Wände seines Zeichensaals mit zahlreichen Beispielen anderer Parlamentssäle plakatiert, als er die General Assembly Hall entwarf.[164] Das Ergebnis des Entwurfsprozesses war schliesslich eine Verengung des Innenraums zum Rednerpodium hin, wie schon im 1947 beschlossenen Plan ablesbar, die sich auch an der Aussenfassade abbildet (Abb. 4.39).[165]

So selbstverständlich die elektrotechnische Beschallung des über dreitausendköpfigen Publikums war, so umstritten war die genaue Position der Lautsprecher. Leo L. Beranek, für dessen damals junge Firma Bolt, Beranek and Newman (BBN) die akustische Beratung für die United Nations den ersten grossen Auftrag und den Durchbruch bedeutete, berichtet in seiner Autobiografie von seinem Vorschlag, die Hauptlautsprecher direkt über dem Rednerpodium aufzuhängen; in transparenten Verkleidungen sollten sie den Saal wie Erdkugeln schmücken. Wallace K. Harrison lehnte diese Idee strikt ab. Er bestand darauf, dass man die Lautsprecher hinter dem Sprecher in die nördliche Rückwand einbaue. Aus Sicht des akustischen Ingenieurs wurde die Distanz zum Publikum so aber unnötig gross, auch sah er aufgrund der dadurch noch stärkeren Schallenergie die Gefahr von Rückkopplungen. Harrison als entwurfsführender Architekt setzte sich durch, woraufhin der Direktor für Telekommunikation der Vereinten Nationen, der sich vor ein unlösbares Problem gestellt sah, dem scheinbar unaufhaltbaren Desaster auswich und seine Stelle kündigte. Dies wäre aber, wie Beranek in seinen Erinnerungen berichtet, gar nicht nötig gewesen, feierte BBN doch bald dank einer pionierhaften Mikrofon-Speziallösung für die United Nations ihren internationalen Durchbruch.[166] Arnheims Zaubersäle, die einst noch

«mehr ein Wunder fürs Auge als fürs Ohr» gewesen waren, hatten ihre Zauberer gefunden.[167]

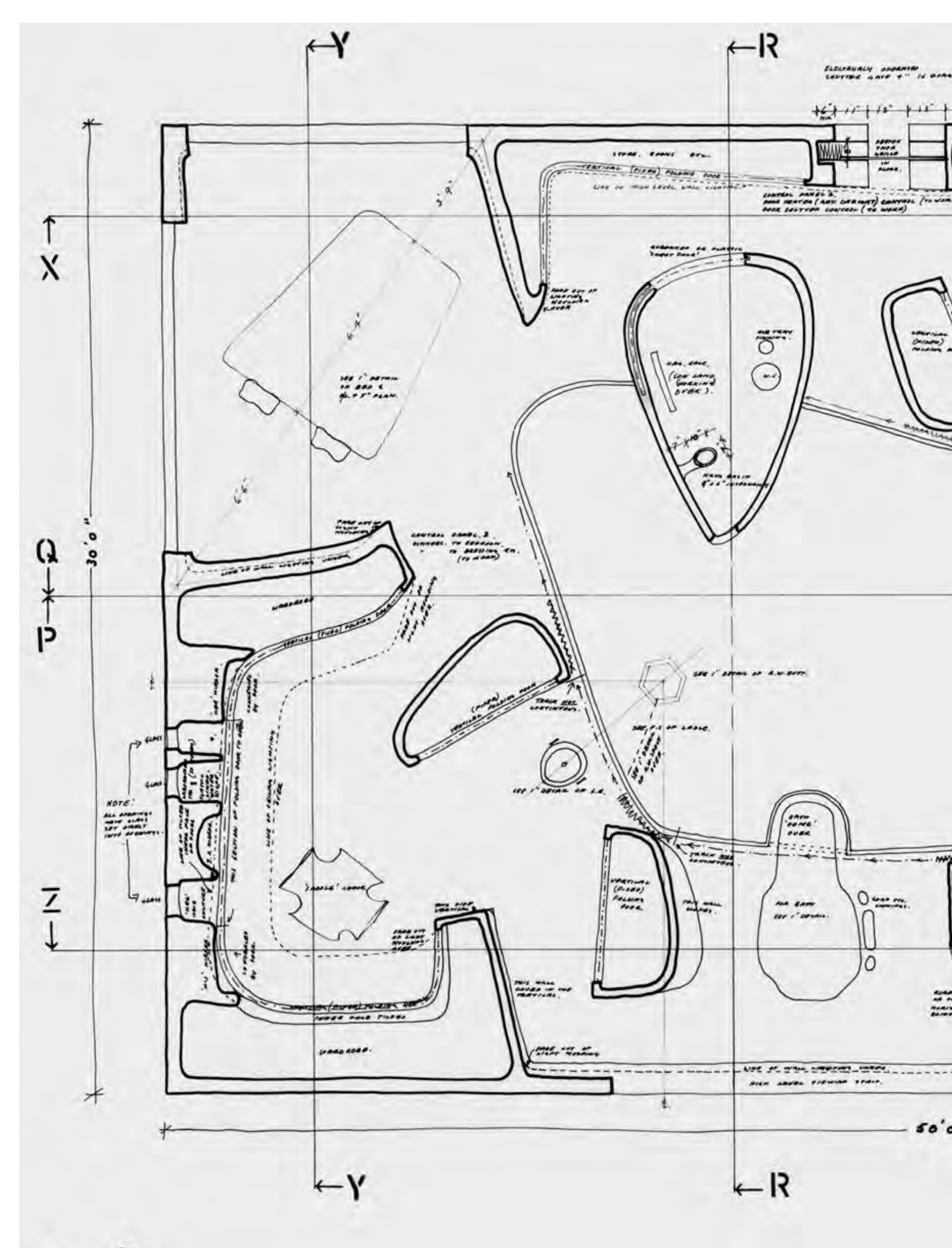
In dem konfliktreichen Verhältnis zwischen Architekt und Akustiker zeigte sich allerdings auch, wie die neuen technischen Konzepte zwar angenommen wurden, in der Umsetzung aber möglichst unsichtbar in traditionelle Raumvorstellungen eingegliedert werden sollten.[168] Die Wände des Versammlungssaals richteten sich trichterförmig nach vorne, waren aber absorbierend ausgestattet. Die Lautsprecher sollten selbstverständlich eingebaut werden und auch noch Wunder (wie feedbackfreie Wiedergaben) vollbringen, dabei aber unsichtbar bleiben.

Osswalds Vorstellung von einer «positiven Akustik», bei der eine gute Schallverteilung im Raum mit gezielten Schallreflexionen an schallharten Oberflächen erreicht werden sollte, hatte sich auf ein Spektrum von präzisen Kontrolltechniken der Raumstimmungen durch die Elektroakustik erweitert, die schon Furrer in seiner Habilitation über Radiostudios untersucht hatte. Wie der prototypische Einsatz eines Spezialmikrofons durch BBN zeigt, bestimmten längst nicht mehr allein Raumvolumen und Materialbeschaffenheit, sondern auch Aufnahme- und Wiedergabetechnik die akustische Qualität eines Raumes.

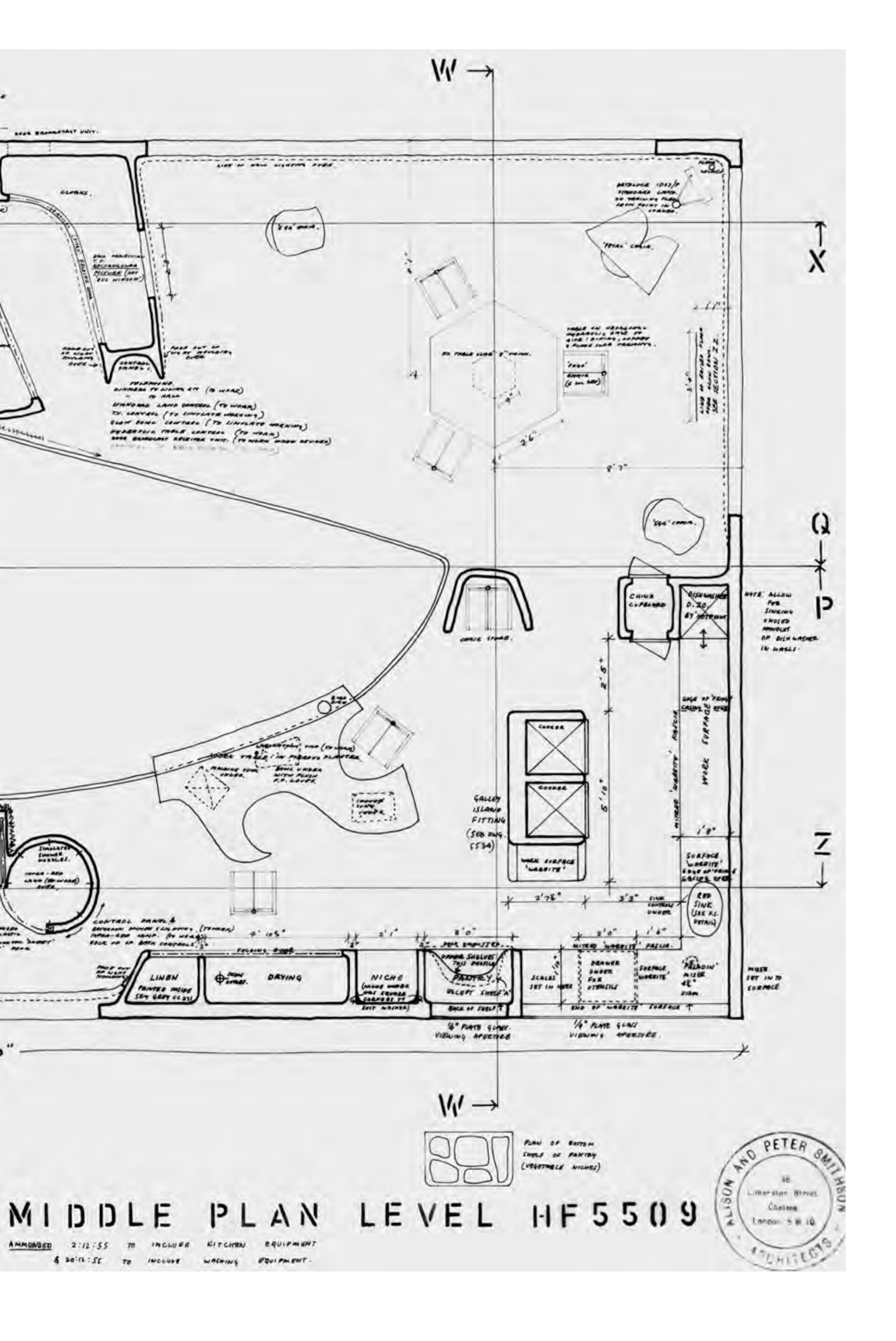
## Medial vernetzte Intimität im House of the Future (1956)

Die immer stärker verbreiteten und leichter verfügbaren akustischen Reproduktions- und Telekommunikationstechniken prägten bald nicht mehr nur die Architektur der Auditorien internationaler Organisationen, sondern auch die privaten Haushalte. So war für die Londoner *Daily Mail Ideal Home Exhibition* im März 1956 von den Sponsoren vorgegeben, dass im dafür vorgesehenen House of the Future neben einer Gegensprechanlage und einem elektrostatischen Staubsammelgerät auch Lautsprecher einzubauen seien, über die Telefongespräche in alle Räume der Wohnung übertragen werden könnten.[169] Die Wohnmesse wurde seit 1908 alljährlich von der britischen Tageszeitung *Daily Mail* ausgerichtet. 1956 unterhielt sie die zahlreichen Besucher dabei aber nicht nur mit vielen marktüblichen Wohnprodukten, sondern im House of the Future auch mit einem Display zukünftigen Wohnens im Jahr 1981, dessen architektonische Gestaltung dem jungen Architektenpaar Alison (1928–1993) und Peter Smithson (1923–2003) angetragen worden war.[170]

**4.40 Die Innenwelt im House of the Future von Alison und Peter Smithson war als allseitig abgeschlossene Sphäre inszeniert, die mittels Kommunikationstechnik mit der Aussenwelt verbunden ist. Planzeichnung vom 20. Dezember 1955.**


Y
R
X
Q
P
Z
30'0"
NOTE:
VERTICAL (FIXED) FOLDING DOOR
HIGH LEVEL VIEWING STAIR.
Y
R

1/2"

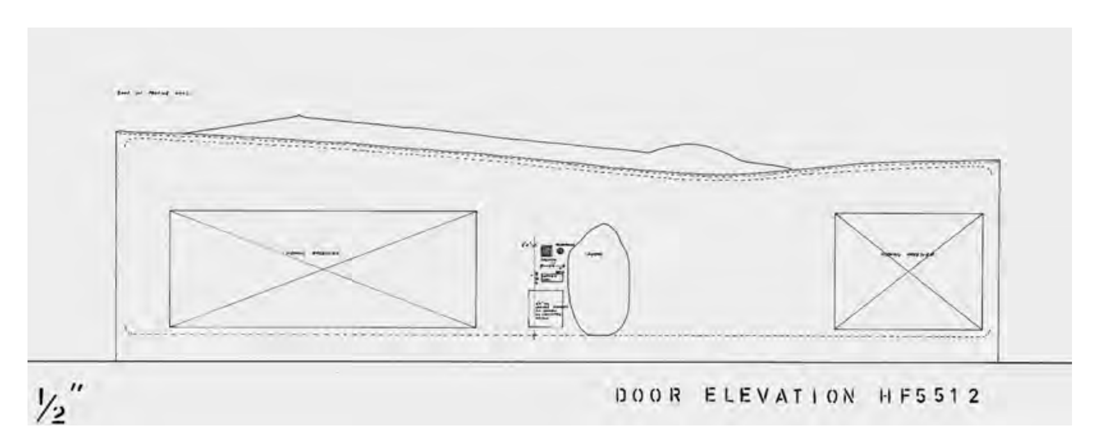


W
X
Q
P
Z
W
GALLEY ISLAND FITTING (SEE DWG. 5534)
COOKER
COOKER
CHINA CUPBOARD
WORK SURFACE
RED SINK (SEE F.S. DETAIL)
LINEN
DRYING
NICHE
PANTRY
MIDDLE PLAN LEVEL HF5509
AMMENDED 2:12:55 TO INCLUDE KITCHEN EQUIPMENT
& 20:12:55 TO INCLUDE WASHING EQUIPMENT.
ALISON AND PETER SMITHSON
46 Limerston Street Chelsea London S.W.10
ARCHITECTS

Die Voraussage für die Zukunft des Wohnens in fünfundzwanzig Jahren beruhte auf der Annahme, dass es in dieser Zeit so viele Veränderungen geben werde wie in den letzten einhundert Jahren zusammen.[171] Das 1955 in Auftrag gegebene House of the Future sollte also kein marktgerechtes Musterhaus in der im Jahr darauf stattfindenden Ausstellung werden, sondern ein futuristisches Szenario zur Unterhaltung und Inspiration der Besucher. Es zeigte keine käufliche Architektur, sondern eine imaginierte Szenografie. Alison Smithson entwarf als verantwortliche Architektin das Szenario eines Hightech-Hauses, in dem keine Hausarbeit mehr nötig wäre. Um einen kleinen Hof organisiert und nach aussen komplett abgeschottet, war das introvertierte Haus nur durch Kommunikationstechnologie mit der Aussenwelt vernetzt. Seine verschiedenen Raumfunktionen mäanderten um organisch geformte Aufbewahrungs- und Nasszelleneinbauten, die in der eigenartigen Körperlichkeit der Planzeichnung bereits eine Intimität suggerierten, welche mit szenografischen Mitteln in der Ausstellung weiter ausgestaltet wurde (Abb. 4.40).

Die dem Haus vorangegangene städtebauliche Vision war die einer verdichteten Struktur aus gereihten, eingeschossigen Häusern, die sich nur mit einer an einen Höhleneingang erinnernden Eingangstür zur Zufahrtsstrasse öffneten. Belichtung und Belüftung geschahen über den innenliegenden Hof. In der Ausstellung ermöglichte diese architektonische Disposition einen spektakulären Parcours: Die Besucher der Wohnausstellung betraten eine geschlossene Box, in der sie auf zwei Ebenen um das vollständig nach innen gerichtete Wohnhaus gehen konnten.[172] Nach aussen war die Sicht durch den Ausstellungskubus verschlossen, nach innen gab es dafür grosse Öffnungen, dazu auch Einblicke durch das offene Dach. Die Rückseiten der Schränke waren verglast und wurden so zu Schaukästen für die Objekte des fiktiven Bewohnerpaars Anne und Peter. Die Blickrichtung der Besucher wiederholte die räumliche Ausrichtung des Hauses nach innen: Die Zuschauerplattform berührte das Haus nicht, sie legte vielmehr eine weitere Schutzschicht darum.

An der Aussenwand war links von der amorph geformten Eingangstür die hochtechnisierte Anlage, in der alles elektronisch steuerbar sein sollte, ablesbar (Abb. 4.41, 4.42). Über dem Briefkasten war eine Gegensprechanlage, in dem Fall ein tatsächlich käuflich zu erwerbendes Produkt der Sturdy Telephones Ltd, in die Wand eingebaut.[173] Hinter der Garderobe im Entree befand sich das erste «control panel», das in der Zeichnung für die mittlere Ebene des Hauses vom 20. Dezember 1955 so annotiert ist, dass über das «control panel I» vier Geräte gesteuert würden: das Telefon, die






**4.41 Lautsprecher und Gegensprechanlage ermöglichen im House of the Future die Kommunikation zwischen Innen und Aussen.**

**4.42 Der Eingang als Schwellenraum: Die amöbenhafte Form der Haustür kündigt die inszenierte, un-heimliche Intimität im Inneren des Modellhauses an. Detailaufnahme des House of the Future auf der *Daily Mail Ideal Home Exhibition* im März 1956.**

Wohnzimmerbeleuchtungsdimmer (wirklich funktionierend), die TV-Fernsteuerung (simulierte Funktion) und die Gegensprechanlage (bei Bedarf funktionierend) (vgl. Abb. 4.30).[174]

Die wiederholte Verwendung des Wortes «control» in der Planbeschriftung charakterisiert die Utopie dieses Hauses, das gleichzeitig eine unheimliche Vision ist, in bezeichnender Weise: Allein in der Konsole für das Telefon, dem «control panel 1», erscheint es sechs Mal, in den weiteren Konsolen noch drei Mal im Zusammenhang mit der Eingangstür, zwei Mal für das Badezimmer und je ein Mal für Schlafraum und Küche. Licht, Ton und Möbelpositionen sollten aus der Distanz angesteuert werden können. Was sich hiermit wirklich kontrollieren liess, bleibt allerdings vage: Einige der

Schalter funktionierten, vor allem jene für das Licht, andere waren blosse Simulationen. Die Lautsprecher innerhalb des Hauses waren zum Beispiel allesamt Attrappen. Ihre Funktion bestand einzig und allein darin, dem Besucher diese eine Botschaft zu vermitteln: In fünfundzwanzig Jahren könnte die Umgebung deines Wohnhauses vollständig vernetzt und steuerbar sein, sozusagen ein «Transparenztraum» innerhalb einer völlig isolierten Umgebung, als Nachkriegsvariation eines paradigmatischen Dispositivs der Architekturmoderne.[175]

Im House of the Future war mit Blick auf die darin präsentierten Haushaltsgeräte die Grenze zwischen gebrauchsfertiger Handelsware und fantastischer Erfindung, zwischen marktbereiten Produkten und Science-Fiction-Apparaturen bewusst unscharf gehalten. Hier gab es die Kochgeräte der Zukunft schon, den Schnellofen mit hochfrequenten Wellen, die Titaniumpfannen mit eingebauten Heizelementen oder die Esswaren, die dank Gammabestrahlung ohne Kühlung aufbewahrt werden könnten.[176] Reyner Banham stellte dem futuristischen Charakter der Inszenierung in seiner Rezension entgegen, dass die Zukunft uns nicht nur bald einholen würde, sondern längst begonnen habe: Die ausgestellten Backöfen seien in Nordamerika bereits Standardware.[177]

Ebenfalls schon in den USA verfügbar, wiewohl selbst dort noch wenig verbreitet, war eine weitere, für den britischen Besucher futuristische Installation. So war im hier beworbenen Tella-loud loudspeaking telephone, das man im zentralen «control panel» platziert hatte, ein Lautsprecher eingebaut, der mit Lautsprecherattrappen im restlichen Haus noch überhöht wurde. Das Telefon an sich war ein auf dem Markt erhältliches Produkt der Winston Electronics Ltd,[178] und auch Lautsprecher waren natürlich keine Neuheit mehr; der Clou war vielmehr die Anrufbeantworterfunktion des Telefons: Aus juristischen und ethischen Gründen umstritten, war dergleichen für die britischen Konsumenten des Jahres 1956 noch Zukunftsmusik.[179]

Das Tella-loud loudspeaking telephone, zwischen Eingangsraum und Wohnzimmer an die Wand montiert, war von überallher sichtbar und erreichbar. Als Teil des «control panel 1» strahlte es über die im Haus verteilten Lautsprecher in den gesamten Innenraum aus und war ein zentraler Teil der medialen Infrastruktur des Hauses, in etwa so, wie Walter Benjamin fast zwanzig Jahre zuvor in einem anderen Zusammenhang die Vergangenheit der damaligen Telefonapparate beschrieben hatte: «[D]en dunklen Korridor im Rücken lassend, [hielt] der Apparat den königlichen Einzug in die gelichteten und helleren, nun von einem jüngeren Geschlecht bewohnten Räume.»[180]

Die imaginierten medialen Installationen und Zukunftstechnologien des House of the Future kombinierten die Utopie des automatisierten und vernetzten Haushalts mit der Dystopie totaler Überwachung und Künstlichkeit. Das Haus mit seiner uteralen Form drückte Geborgenheit aus – als technisch erzeugbares Produkt. Von den Liegemöbeln bis zum Lautsprecher bot es den Modellbewohnern den bestmöglichen Komfort. Die Vision, man müsse im House of the Future dank Beantworter nicht mehr zum Telefon eilen, sondern könne Anrufe und aufgezeichnete Nachrichten im ganzen Haus bequem über Lautsprecher mithören, löste den privaten Raum der Hörmuschel des Telefons in einer totalen Lautsphäre auf, die an McLuhans «Ur-Raum» erinnert.[181]

Der Übertragung der Telefongespräche über Lautsprecher im ganzen Haus stand die sorgfältige Schallisolation des Hauses gegenüber: Die Trennwände zu den dreiseitig angebauten Nachbarhäusern wurden in der Vorschau als «soundproof» angepriesen.[182] Isolierte Bauweisen, wie sie in extremer



**4.43** **Die House of the Future-Modellbewohnerin Anne erläutert auf der Ideal Home Exhibition im März 1956 über ein Mikrofon den Besuchern die Haushaltsapparate und medialen Einrichtungen. Die Besucher sind über die Lautsprecher mit der Akustik des House of the Future verbunden.**

Form in den akustischen Laboratorien entwickelt worden waren, wurden hier zur Vision für einen Alltag, in dem es keine Aussenwelt mehr gibt. Im Inneren garantierten Trennfugen zwischen den einzelnen Elementen des Hauses, dass auch innerhalb der Wohnräume durch die eigenen Aktivitäten des Bewohnerpaars Anne und Peter nicht allzu viel Lärm aufkäme, wie in der Vorschau auf die Wohnausstellung weiter beschrieben war.

Im schallgedämmten House of the Future bildeten gedämpfte Schritte, Gespräche des Bewohnerpaars, ein Fernseher und mehrere Lautsprecher die Klangkulisse. Mit der Aussenwelt, so das Narrativ des Hauses, waren die kinderlosen Modellbewohner Anne und Peter nur durch audiovisuelle Installationen verbunden. Die Telefon- und Lautsprecheranlagen wie auch der Fernseher übertrugen Informationen von aussen und formten die Lautsphäre der futuristischen Intimität von Annes und Peters Innenwelt.

Während die imaginierte Isolation das Haus von der Aussenwelt abschnitt, rissen grosse Wandausschnitte, riesige Gucklöcher sozusagen, das Haus für das Publikum auf. Die Besucherinnen und Besucher konnten nicht nur ungehindert in die Ausstellungssituation hineinschauen, durch ein Lautsprechersystem auf der Zuschauerplattform wurde das Haus noch einmal zusätzlich entprivatisiert: Anne und Peters Erläuterungen wurden vom Haus auf den zweigeschossigen Zuschauerumgang übertragen. Wie in einer Fernsehsendung erklärte das Modellbewohnerpaar über Mikrofone, wie ihr Tagesablauf aussehen würde und wie ihre supermodernen Geräte funktionieren (Abb. 4.43).

Was die Besucherinnen und Besucher sahen, waren ein Telefon, Mikrofone und Lautsprecher, welche die Möglichkeit einer Kommunikation demonstrierten. Ob darüber hinaus auch andere Geräusche als die Erläuterungen von Anne und Peter zu hören waren, bleibt ungewiss. Der Unterwasser-Farbfilm, der auf Wunsch der Smithsons im TV-Gerät lief, ist jedenfalls bestens ohne Tonspur denkbar, und auch all die anderen Geräte waren ja vor allem eines: Teil einer szenografischen Inszenierung. Auf den Fotografien der Ausstellungsdokumentation sucht man gleichwohl vergeblich nach einer Nahaufnahme der installierten Telefonapparate und Gegensprechanlagen, in den Zeichnungen wurden sie nachträglich notiert.[183] Die Geräte sind weder besonders auffällig noch besonders modern gestaltet – es ist die Fiktion ihrer Auswirkungen auf das tägliche Leben, die sie so spektakulär machte.

Wie das ganze Haus waren auch die Geräusche eine Simulation: Die Töne fanden in den Köpfen der Zuschauer statt, die als Voyeure das Haus, das

eigentlich eine Bühne war, beobachteten. Das Telefon und das Intercom waren optisch inszenierte Apparaturen in einem tonlos entworfenen Raum.

Rückblickend beschrieb Peter Smithson das Haus als eine Persiflage auf die Scheinwelt der Werbung.[184] Eine Fotografie aus dem Archiv des Architektenpaars zeigt Simon, den Sohn von Alison und Peter Smithson, auf der Küchenkombination sitzend.[185] Wie ein Fremdling aus der Welt der Gegenwart ist ein Kind in die kinderlose Scheinwelt von Anne und Peter eingedrungen – und es scheint, als ob die Architekten dieses Foto der Dokumentation beilegten, um diese – ihre – Realität der dystopischen Inszenierung entgegenzusetzen.

Anders als die Hunstanton School, mit welcher Alison und Peter Smithson 1954 bekannt geworden waren, setzte das House of the Future nicht auf eine direkte, rohe Materialität, sondern zeichnete – überzeichnete – die Antiutopie ihrer futuristischen Wohnsphäre mit geschliffenen und lackierten Oberflächen. Die bemalte Holzkonstruktion gaukelte vor, aus modernstem Kunststoff zu sein.[186] Plastik als Baumaterial versprach schliesslich nicht nur die freie Formbarkeit der Raumbegrenzungen und des Mobiliars, sondern auch eine grenzenlose bauphysikalische Performance totaler Schall- und Klimasteuerung. Im introvertierten, schallgedämmten Privathaus konnten Licht und Ton durch eine Vielzahl von Schaltern abgeblendet oder intensiviert werden. Nicht zuletzt war in der Halle der *Daily-Mail*-Wohnausstellung über dem begrünten Hof auch noch eine Sonne aufgehängt. In dieser synthetischen Landschaft, in der die Frage nach Authentizität und Aura im Spektakel einer medialen Wunderwelt vergessen geht, ist die räumliche und akustische Isolation eine der Voraussetzungen der Intimität. Die Bedrohlichkeit einer solchen totalen Kontrollierbarkeit wurde schon zur Zeit der Ausstellung thematisiert, als Kritiker des Spektakels das Jahr der inszenierten Zukunft von 1981 zu 1984 abwandelten – in Anspielung auf George Orwells Ende der 1940er Jahre imaginierte Dystopie eines totalitären Überwachungsstaates.[187]

Das House of the Future ist letztlich ein interessantes Fallbeispiel für das Modell eines isolierten, erst durch elektronische Übertragung als akustische Umwelt erlebbaren Raumes. Als temporäre Ausstellungsarchitektur war es eine Hülle für eine fiktive Lautsphäre, die den Zuschauern vermittelt wurde, ohne direkt erfahrbar zu sein. In der Masse der Zuschauerströme war die Wohnwelt nicht wirklich hörbar, teilweise auch gar nicht sichtbar. Gerade in ihrer Übersteigerung paraphrasiert die Ausstellungsarchitektur des House of the Future Kulturverständnis und räumliche Konzeptionen der 1950er Jahre: Auf dem buchstäblich stillgelegten Hintergrund wurde die Lautsphä-

re als technisch steuerbare, individuelle Umgebung realisierbar – eine totale Umwelt, die, vollständig von der Aussenwelt abgekoppelt und mit Apparaten ausgestattet, den Raum ästhetisch entgrenzte und so aus der imaginären Stille heraus eine un-heimliche Intimität entstehen liess.

1 Osswald 1927, S. 59; Hervorhebung im Original.
2 So die offizielle Veröffentlichung des Völkerbunds von 1923, Anhang A.32.1923.X, zit. n. Quincerot 1988, S. 56.
3 Giedion, Schweizer Erfolge, 1927.
4 Nicolai 1998, S. 162–163.
5 Zur Geschichte und zum Verlauf des Wettbewerbs siehe unter anderem Ritter 1964 (eine von Colin Rowe motivierte Recherche an der Cambridge School of Architecture); Moos 1968, S. 272–281; Hines 1982; Oechslin 1988 (mit Abdruck des Schweizer Expertenberichts zuhanden der Jury); Pallas 2001.
6 Vgl. Quincerot 1988, S. 59.
7 Jacques Gubler und Richard Quincerot erwähnen in dem 1985 in der italienischen Zeitschrift *Parametro* veröffentlichten Beitrag «Da Maratona a Ginevra» immerhin Franz Max Osswald als Vertreter der von Wallace C. Sabine begründeten modernen Raumakustik; vgl. Gubler / Quincerot 1985, S. 27. Dieter Schnell wies 2005 wiederum auf Le Corbusiers und Sigfried Giedions auffällige Bemerkungen zur Saalakustik hin; vgl. Schnell 2005, S. 371. Mein Dank geht an Gregor Harbusch, der mich als Erster auf Giedions Lautsprecherkommentare aufmerksam gemacht hatte.
8 Vgl. Quincerot 1988, S. 61.
9 Concours d'architecture pour l'édification d'un Palais de la Société des Nations, a Genève, rapport du jury, Genf, 23. Mai 1927, S. 2, FLC Archives Paris, Palais de la Sociéte des Nations, 1927, Suisse, Genève, I2-1-127-002; Übersetzung der Autorin. Online einsehbar unter https://biblio-archive.unog.ch/Dateien/CouncilMSD/C-239-M-97-1927_FR.pdf (abgerufen am 1. Juli 2018).
10 Brief an den Hohen Völkerbundsrat Genf, 28. Februar 1928, 3 S. [S. 3], gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Karl Moser, Völkerbundwettbewerb Genf, diverse Materialien.
11 Die Begriffe «les académies» and «les autres» sind handschriftlich in Le Corbusiers eigenen Dokumenten notiert; vgl. Frampton 1979, S. 46; siehe auch Devanthéry / Lamunière 1988.
12 Siehe Amundsen u. a. 1928, S. 87–88.
13 Zur Geschichte des realisierten Baus nach dem gemeinsamen Entwurf der Architekten Henri-Paul Nénot und Julien Flegenheimer (Paris / Genf) und den weiteren Preisträgern József Vágó (Rom), Carlo Broggi, Giuseppe Vaccaro und Gino Franzi (Rom) sowie Camille Lefevre (Paris) siehe Chéronet 1938, wie auch den von der UNO beauftragten Bildband Pallas 2001. Der Rohbau wurde im November 1933 eingeweiht, siehe P. Meyer 1934, S. 272, Bildunterschrift.
14 Vgl. Chéronet 1938, S. 64.
15 Einleitung zu Le Corbusier / Jeanneret 1927, S. 13.
16 P. Meyer, Zum Ergebnis des Wettbewerbs für das Völkerbund-Gebäude, 1927, S. 105. Auch Peter Meyer spricht für Le Corbusiers und Pierre Jeannerets Projekt, wobei er allerdings die nonkonforme Haltung gegenüber dem Neuen Bauen akzentuiert. Zum kritisierten «Zweckfanatismus» siehe im Originalton: Hannes Meyer 1928, S. 12: «alle kunst ist komposition und mithin zweckwidrig. / alles leben ist funktion und daher unkünstlerisch.»
17 Vgl. die chronologische Übersicht elektroakustischer Patente auf der privaten Website des Germanisten, Musikwissenschaftlers und Phonetikers Ralf Gerhard Ehlert, www.medienstimmen.de/patente-technikgeschichte-elektroakustik/lautsprecher-patente-bis-1950/ (abgerufen am 1. Juli 2018).

18 Trendelenberg 1927, S. 1691.
19 «Die Lautsprecheranlage im Dom», in: *Kölnische Volkszeitung*, 21. April 1927, Abend-Ausgabe, S. 2, zit. n. http://www.medienstimmen.de/exzerpte/1927-siemens-halske-lautsprecher-fuer-die-predigten-im-koelner-dom/ (abgerufen am 1. Juli 2018).
20 Vgl. Thompson 2002, S. 241–242. Emily Thompson verortet die Anfänge für Nordamerika zeitlich auf das Jahr 1922 mit der Einführung von Public-Address-Anlagen im Rahmen der Schallverstärkung bei Sportveranstaltungen und anderen öffentlichen Anlässen durch Western Electric, den Beginn der elektroakustischen Ära dann mit der Eröffnung der Radio City Music Hall in New York 1932.
21 Siehe Göttert 1998, S. 423–453.
22 Concours d'architecture pour l'édification d'un Palais de la Société des Nations, a Genève, rapport du jury, Genf, 23. Mai 1927, FLC Archives Paris, Palais de la Sociéte des Nations, 1927, Suisse, Genève, I2-1-127-002; Übersetzung der Autorin.
23 Distel & Grubitz, Projektbeschrieb für den Völkerbundwettbewerb, 1927, S. 27, gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Karl Moser, Völkerbundwettbewerb Genf, Juryberichte, Korrespondenz; Unterstreichung, Grammatik- und Tippfehler im Original.
24 Vgl. Meyenburg 1927, S. 226.; Wettbewerb des Völkerbundes in Genf, 1927, S. 422.
25 H. Meyer / Wittwer 1927; Kleinschreibung und Sperrdruck im Original. Das Original-Typoskript findet sich im gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Hans Wittwer, 35-08-DOK-2.
26 Für eine ausführliche Diskussion von Meyers und Wittwers Wettbewerbseingabe siehe S.v. Fischer 201z
27 Le Corbusier und Pierre Jeanneret, Wettbewerbstafel 10, 1927, gta Archiv / ETH Zürich, Völkerbundwettbewerb / Le Corbusier; Übersetzung der Autorin.
28 Le Corbusier und Pierre Jeanneret, Wettbewerbstafel 14, 1927, gta Archiv / ETH Zürich, Völkerbundwettbewerb / Le Corbusier.
29 Vgl. Pearson 1997. Christopher Pearsons «acoustical trope» interpretierte den skulpturalen und volumetrischen Ausdruck des Projekts und auch Lyons Schallkonstruktionen aus kunst-, nicht technikhistorischer Sicht auf ihren symbolischen Wert: «These audible emissions, as well as the network of fictive sightlines which could be assumed to extend from the sculptures outside the auditorium into the expansive landscape before the palace, are both necessarily bound up with Le Corbusier's conception of 'radiation'. And since this sculptural group was in close physical proximity to the speaker's podium, the two kinds of 'radiation' had point sources of emission set so close together as to be virtually identical.» Ebd., S. 176.
30 Karl Moser, Brief an Franz Max Osswald, 12. April 1927, gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Karl Moser, Heft «Duplicator Simplex», Durchschrift der Korrespondenzen, S. 3.
31 Osswald 1927, S. 63; Bildunterschrift zu Abb. 24.
32 Ebd., S. 64; Hervorhebung im Original.
33 Ebd., S. 66.
34 Osswald 1927, S. 64.
35 Osswald 1928, S. 839.
36 Die typologischen Analysen der Beispiele sind in der amerikanischen Bearbeitung in ähnlichem Seitenlayout Osswalds abgebildet, allerdings in weniger präziser Zeichnung, mit dickeren Strichen und in Fuss statt Meter vermasst. In der Schweizer Publikation waren die handgezeichneten Grundrisse alle im Massstab 1 : 200 repräsentiert, um eine direkte Vergleichbarkeit zu gewährleisten. In der Übersetzung gibt eine Massskala die Referenz. Siehe Osswald 1928.
37 Osswald 1927, S. 60; Bildunterschrift zu Abb. 5, Abb. 1, Abb. 2 und Abb. 3.
38 Ebd.; Bildunterschrift zu Abb. 2.
39 Ebd., S. 61; Bildunterschrift zu Abb. 11.
40 Ebd.; Bildunterschrift zu Abb. 16.
41 Ebd., S. 65.
42 Bereits in der Vorbereitungsphase hatten verschiedene Akustiker und Institute von sich aus ihre Dienste angeboten, so schon 1924 das «British Departement of Acoustic and

Industrial Research», weiter tauchten in den Akten neben Osswald und dem Pariser Konzertsaalbetreiber Gustave Lyon auch ein Frankfurter Professor von Loer auf, mit hoher Wahrscheinlichkeit waren es aber noch mehr; vgl. Quincerot 1988, S. 58, Fussnote 18.

43 Osswald 1927, S. 62.

44 Michel 1938, S. 81.

45 Osswald 1927, S. 65.

46 Nachschrift und Skriptum zur Vorlesung «Architektur-Akustik und Schallisolation» von Franz Max Osswald, WS 1932/33, o. S. [S. 3], Hochschularchiv / ETH Zürich, Nachlass Rolf Meyer-von Gonzenbach; Kleinschreibung im Original.

47 Ebd., o. S. [S. 2]; Kleinschreibung und Unterstreichung im Original.

48 Osswald 1927, S. 62 und S. 64.

49 Le Corbusier, Salle Pleyel, 1928, S. 89; Hervorhebung im Original, Übersetzung der Autorin.

50 Vgl. Forsyth 1985, S. 262–263.

51 Vgl. Darò 2018, S. 881–903.

52 Vgl. Calfas, *Nouvelle salle Pleyel*, 1927; ders. La Nouvelle salle 1927; *Connaissance des arts*, 2006.

53 So bedauert Lyon in einem kurzen Schreiben an «mon ami» Le Corbusier den Tod eines Amerikaners; vgl. Gustave Lyon, Brief an Le Corbusier, 21. Juli 1928, FLC Archives Paris, Correspondance: LYON, GUSTAVE, 64–70: E2-9-65-001.

54 Osswald, Akustisch hochwertige Parabelsäle, 1930, S. 50. Joseph Benedict Engl berief sich 1939 in seinem Übersichtswerk auf Messungen von Osswald in der Salle Pleyel. Die von Engl hier erwähnten Nachhallzeiten von 4 Sekunden ohne Zuschauer und 2,2 Sekunden mit 2000 Zuschauern erscheinen indes relativ lang, vgl. Engl 1939, S. 268. Osswald selbst erwähnte in seinem Beitrag von 1930 keine solchen Messungen.

55 Osswald, Akustisch hochwertige Parabelsäle, 1930, S. 50.

56 Gustave Lyon, Briefe an Le Corbusier, 26. August 1927, 21. Juli 1928 und 9. Februar 1935, FLC Archives, Correspondance: LYON, GUSTAVE, 64–70: E2-9-67-001; Correspondance avec L. C. 26/08/1927–09/02/1935.

57 Vgl. Gubler / Quincerot 1985, S. 27, Anmerkung 35.

58 Vgl. Cohen 1992, S. 146.

59 Vgl. Le Corbusier, Brief an Gustave Lyon, 1. Oktober 1931, zit. in: Cohen 1992, S. 168. Jean-Louis Cohen notierte über die Zusammenarbeit beim Sowjetpalast, dass die Deckenform in der Zeichnung vom 2. Februar 1932 ein Kompromiss zwischen Lyons grafischer und einer rechnerischen Methode des Physikers Arthur Morin war; vgl. ebd., S. 180.

60 Das Programm verlangte Überlegungen zur Saalakustik, zur kabellosen Übertragung und zur Kinematografie; vgl. ebd., S. 166. Zum Sowjetpalast-Wettbewerb und dem letztlich nie realisierten Projekt allgemein siehe auch Bodenschatz / Post 2003, S. 101–107.

61 Vgl. Le Corbusier 1927.

62 Le Corbusier, Salle Pleyel, 1928, S. 89. – Bei aller Beschwörung des «calcul» führt der Bogen von Le Corbusiers Argumentation schliesslich weiter zu einer Synthese mit der Kunst: «[…] une œuvre gigantesque manifestant les conquêtes de la peinture moderne et exprimant – libéré de toute tradition, – le lyrisme de l'époque.» Ebd. S. 90.

63 Le Corbusier, *Une Maison*, 1928, S. 106–133.

64 Le Corbusier 1930, S. 159 und S. 164; der Text ist im Original von Bildseiten unterbrochen. Die deutsche Übersetzung stammt aus Le Corbusier 1964, S. 152.

65 Giedion, Wettkampf um das Haus der Nationen, 1927; Interpunktion gemäss Original. Der am 28. März 1927 in der *Neuen Zürcher Zeitung* veröffentlichte Beitrag von Giedion erschien unter gleichem Titel am 22. April noch einmal in der *Frankfurter Zeitung*, mit kleineren Korrekturen. So fehlt das Komma nach «also», es heisst hier nicht «alle», sondern «jede Inanspruchnahme», und hinter «Hörrohr» steht nun ein zusätzliches Ausrufezeichen.

66 Giedion, Schweizer Erfolge, 1927; Interpunktion und Orthografie gemäss Original.

67 Giedion, Architektur am Wendepunkt, 1927.

68 P. Meyer, Zum Ergebnis, 1927, S. 105; Orthografie gemäss Original. Peter Meyer war von 1922 bis 1929 Mitarbeiter der *Schweizerischen Bauzeitung*. In diesen Jahren galt seine Stimme als die prominenteste in Sachen Architekturtheorie und Architekturkritik in der Schweiz, wie Dieter Schnell in seiner Analyse des deutschschweizerischen Architekturdiskurses dieser Zeit resümiert; Giedion schrieb in der Zwischenkriegszeit demnach hauptsächlich in ausländischen Medien und in der *Neuen Zürcher Zeitung*, weniger in Schweizer Fachzeitschriften; vgl. Schnell 2005, S. 278 und S. 261. Schnell beurteilt Giedion als wenig streitlustig: Er konterte andere Meinungen kaum schriftlich – ganz im Gegensatz zu Peter Meyer; vgl. ebd. S. 264.
69 Giedion, Wer baut das Völkerbundgebäude?, 1927, S. 1094.
70 Siehe den annotierten Sonderdruck von Osswald 1927 in Giedions Nachlass: gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Sigfried Giedion, Völkerbundwettbewerb. Ob dies eine Notiz aufgrund eines Gesprächs mit Osswald oder Ergebnis Giedions eigener Überlegungen ist, liess sich nicht nachvollziehen.
71 Vgl. Giedion, Wer baut das Völkerbundgebäude?, 1927, S. 1097.
72 Ebd.
73 Ebd.
74 Giedion 1992 [engl. 1941], S. 522–523. Im Original von 1941: «Le Corbusier's hall was designed before the loud-speaker came into use and simplified the problem of hearing. Such methods may be called for again in the future, however. We can reasonably expect a revived demand on the part of the public for the natural tones of the human voice, unaltered by electrical transmission.» Giedion 2002 [1941], S. 531, Anmerkung 9.
75 Giedion, Wer baut das Völkerbundgebäude?, 1927, S. 1094.
76 Diese Massnahme wurde im 20. Jahrhundert wiederholt angewendet, zum Beispiel bei der 1966 fertiggestellten Jesse H. Jones Hall in Houston, Texas, deren Decke verstellt werden kann, womit sich das Raumvolumen an den jeweiligen Veranstaltungszweck – für Theater kleinere, für Konzerte grössere Volumen – anpassen lässt; vgl. Forsyth 1985, S. 290–291.
77 Siehe hierzu Osswalds in der Zeitschrift *Das Werk* veröffentlichten Beitrag «Die Akustik in Sälen, insbesondere im Hauptsaal des Kirchgemeindehauses Enge, Zürich»: Osswald 1925. Einen Sonderdruck des Aufsatzes legte Osswald 1927 seinem Habilitationsgesuch bei; siehe hierzu in der vorliegenden Studie im ersten Kapitel zur «Objektivierung».
78 Osswald, Akustischer Konzert- und Vortragsaal, 1930, S. 225.
79 P. E. Sabine 1932, S. 163.
80 Giedion, Wer baut das Völkerbundgebäude?, 1927, S. 1094; Sperrdruck im Original.
81 Osswald 1927, S. 66.
82 Ebd., S. 65.
83 Vgl. Forsyth 1985, S. 262.
84 Zur Teilnahme von Neutra und Schindler, die sich über das deutsche Institut für Auslandsbeziehungen e. V. eingeschrieben hatten, siehe Hines 1982, S. 70–72.
85 [Richard Neutra], Brief ohne Adressat, 2. Oktober 1927, 3 S. [S. 1], gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Sigfried Giedion, 43-K(DD)-1927-10-02. Der Brief im Nachlass Giedions lässt weder Adressat noch Absender erkennen. Aufgrund des typografischen Bilds des schreibmaschinengeschriebenen Textes schloss Daniel Weiss, Mitarbeiter des gta Archivs der ETH Zürich, auf Richard Neutra als Autor. Der Inhalt bestätigt dies durch die Erwähnung von Los Angeles und eine Skizze der Saalform. Dass das Schreiben nicht an Giedion, sondern an Franz Max Osswald hätte adressiert sein können, vermutet die Autorin aufgrund des Verweises auf die Skizze in der *SBZ* und der ausschliesslichen Akustik-Thematik. Es handelt sich hierbei um ein Antwortschreiben – nicht bekannt ist indes, ob Osswald zuvor an Neutra geschrieben hatte oder ob Giedion dies getan und dabei eventuell Osswalds *SBZ*-Beitrag von 1927 beigelegt hatte.
86 Osswald 1927, S. 60, Bildunterschrift zu Abb. 3.
87 Vgl. Osswald 1928, S. 836, Abb. 4.
88 [Richard Neutra], Brief ohne Adressat, 2. Oktober 1927, 3 S. [S. 2], gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Sigfried Giedion, 43-K(DD)-1927-10-02.

89 Hope Bagenal zugeordnetes Zitat unter einer Zeichnung von G. H. Davis im Wochenmagazin *The Graphic*, 27. Dezember 1924, Empa-Ak Dübendorf, Dokumentensammlung aus dem Nachlass von Franz Max Osswald (loses Blatt), o. Sign., Zitat im Original in Grossbuchstaben.

90 Vgl. aus der Fülle der Ausgaben zum Beispiel Vitruv 1987, S. 220–223 (V. Buch, 5. Kapitel: «Über Schallgefäße im Theater»).

91 The Echo as the Servant of the Architect, in: *The Graphic*, 27. Dezember 1924, Empa-Ak Dübendorf, Dokumentensammlung aus dem Nachlass von Franz Max Osswald (loses Blatt), o. Sign. Philip Hope Edward Bagenals Dissertation zur Akustik wurde 1914 vom Royal Institute of British Architects abgelehnt und erst später, als Bagenals Thesen bestätigt worden waren, anerkannt; vgl. Smyth 2015.

92 Fokker 1930, Tafel I und II, abgebildet in: Knudsen 1932, S. 365; Engl 1939, S. 245; Cremer 1949, S. 105.

93 Zur Biografie von Adriaan Daniël Fokker vgl. den Lebensabriss auf der Website der in Amsterdam ansässigen Huygens-Fokker Foundation, www.huygens-fokker.org/whoswho/fokker.html (abgerufen am 1. Juli 2018).

94 Vgl. Fokker / Strutt 1930, S. 86.

95 Herman Voogd, Archivar des Teyler-Museums in Haarlem, hatte nach weiteren Dokumenten und auf dem Museumsblog nach Zeitzeugen für die Reflektoren gesucht, leider bisher vergeblich.

96 Osswald 1939, S. 28.

97 Osswald 1927, S. 64; Hervorhebung im Original.

98 Ebd., S. 66.

99 Trendelenberg 1927, S. 1691.

100 Osswald 1937, S. 68.

101 Ebd., S. 69.

102 Osswald 1927, S. 65; Hervorhebung im Original.

103 Osswald 1937, S. 68.

104 Ebd., S. 69.

105 Ebd.

106 Eine wichtige Wegmarke in dieser Entwicklung war – allerdings erst mehrere Jahre nach Osswalds Tod – die Entdeckung des «Haas-Effekts», benannt nach dem Akustiker Helmut Haas, der in seiner zwischen 1947 und 1949 unter dem Referat von Erwin Meyer verfassten Doktorarbeit beispielsweise den Einfluss von Einfachechos auf die Verständlichkeit von Sprache in Abhängigkeit von Parametern wie Echolaufzeit, Intensität, Klangfarbe, Einfallsrichtung, Sprechgeschwindigkeit und Raumnachhall untersuchte; vgl. Guicking 2012, S. 11; siehe auch Haas 1951.

107 Die Werkliste von Haefeli Moser Steiger umfasst neben dem Kongresshaus Zürich zahlreiche heute denkmalgeschützte Vorzeigebauten der Schweizer Moderne; siehe Hildebrand / Maurer / Oechslin 2007, S. 289–296.

108 Vgl. ebd., S. 92.

109 Vgl. P. Meyer 1937; Kopp / P. Meyer 1937.

110 P. Meyer 1937, S. 81.

111 Dossiers «Osswald», «van Loghem», «Villars», «Schiess», gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Haefeli / Moser / Steiger, Kongresshaus.

112 Vgl. Mumford 2000, S. 99–101. Van Loghem war ebenfalls anwesend beim CIRPAC-Treffen in Zürich im Juli 1939, als das Kongresshaus beinahe fertiggestellt war; vgl. ebd., S. 129.

113 Die fehlerhafte Beschriftung mit «Villards» (korrekt wäre: Villard) lässt vermuten, dass zu diesem Berater keine nähere Beziehung bestand (vielleicht aber auch, dass mit dem Plural sowohl Vater als auch Sohn gemeint waren).

114 Die Schweizer Nationalbibliothek verfügt über 44 Laufmeter Dokumentation zu Ernst Schiess, vgl. www.helveticarchives.ch/detail.aspx?ID=201509 (abgerufen am 1. Juli 2018).

115 Der auf Schallschutz spezialisierte Winterthurer Ingenieur Pfeiffer erhielt nach Bauabschluss ein Honorar von 2000 Schweizer Franken für die Planung der für den Betrieb erwünschten Schallisolation der grossen Orgel im Zuge der Tonhallen-Renovation; Furrer, der Nachhallmessungen durchführte, wurde mit 350 Schweizer Franken entschädigt. Die gesamte Honorarsumme für das Kongresshaus belief sich auf knapp 700 000 Schweizer Franken, wovon allein 50 000 Schweizer Franken an den für seine Brücken weltberühmten Robert Maillart gingen, der den geschwungenen Treppenarm von der Terrasse in den Garten entworfen hatte (der in den 1980er Jahren dann abgeschnitten wurde). Vgl. die Bauabrechnung vom 29. Februar 1940, gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Haefeli / Moser / Steiger, Kongresshaus.

116 Vgl. ebd. Von den anderen drei Experten, zu denen Dossiers überliefert sind, erhielt Osswald, dessen Akte eine fünfseitige Expertise vom 28. Juni 1937 und drei Sitzungsprotokolle umfasst, ein Honorar von 430 Schweizer Franken; das Büro Louis Villard fils, dessen Akte eine dreizehnseitige Expertise, datiert auf den 13. Dezember 1937, sowie einen Begleitbrief vom 14. Januar 1938, aber keine Sitzungsprotokolle enthält, wurde mit 500 Schweizer Franken vergütet; Ernst Schiess' Name taucht auf der Schlussabrechnung nicht auf.

117 Vgl. das Strahlendiagramm in: Loghem 1932, S. 104.

118 Johannes Bernardus van Loghem, Bericht über die Versuche im Philips-Laboratorium (mit eingeklebten Fotografien), 5. Juli 1937, gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Haefeli / Moser / Steiger, Kongresshaus, Dossier «van Loghem».

119 Im Archiv der Fondation Le Corbusier sind zwar keine solchen Versuche dokumentiert, einer von Le Corbusiers damaligen Assistenten erwähnte diese jedoch in einem Gespräch; vgl. Samuel 2007, S. 66. Flora Samuel beruft sich hierbei auf Richard A. Moore, *Le Corbusier and the «mécanique spirituelle». An Investigation into Le Corbusier's Architectural Symbolism and its Background in Beaux-Arts «dessin»*, Ph. D. University of Maryland 1979, S. 183.

120 Zur Schallfotografie in Modellen mit Luftschall zusammen mit einer kurzen Erwähnung der Wasserwellenfotografie siehe S. v. Fischer, Visual Imprint, 2017.

121 Michel 1921, S. 58; ders., 1938, S. 50, dort Abb. 27.

122 Loghem, Bericht für Haefeli Moser Steiger, 24. Juni 1937, gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Haefeli / Moser / Steiger, Kongresshaus, Dossier «van Loghem»; Rechtschreibfehler im Original.

123 Vgl. ebd. und Loghem, Begleitschreiben, 5. Juli 1937, gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Haefeli / Moser / Steiger, Kongresshaus, Dossier «van Loghem».

124 Johannes Bernardus van Loghem, Brief an Haefeli Moser Steiger, 12. November 1937, Bezug nehmend auf ein Schreiben von Haefeli Moser Steiger vom 29. Oktober, gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Haefeli / Moser / Steiger, Kongresshaus, Dossier «van Loghem». Rechtschreib- und Grammatikfehler im Original.

125 Vgl. die Protokolle zu den Sitzungen mit Schiess: gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Haefeli / Moser / Steiger, Kongresshaus, Dossier «Schiess». Der ETH-Absolvent Kirchhofer wanderte noch Ende der 1930er Jahre nach Südafrika aus, wo er es später zu einiger Bekanntheit brachte: Anfang der 1950er Jahre wurde Kirchhofer vom staatlichen Öl- und Kohlekonzern Sasol mit der Planung und Errichtung einer kompletten Kleinstadt betraut, mit der Wohnraum und andere Einrichtungen für die Angestellten des Unternehmens bereitgestellt werden sollte. Im Sinne des Apartheidregimes war die «New Town» Sasolburg Weissen vorbehalten, für die Coloureds wurde die benachbarte Township Zamdela errichtet. Vgl. hierzu Sparks 2012.

126 Robert Haussmann, Gespräch mit der Autorin, 6. Oktober 2011.

127 Vgl. das Protokoll der Besprechung mit Schiess vom Juli 1937 (die Konkretisierung «Anfang» ist mit Bleistift nachgeführt), gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Haefeli / Moser / Steiger, Dossier «Schiess». Erst das Protokoll der zweiten Sitzung vom 20. August 1937 unterscheidet zwischen dem Kammermusiksaal und dem Kongresssaal und empfiehlt

nur noch für den Musiksaal eine grössere Raumhöhe, während mit Blick auf den Kongresssaal (für Sprechvorträge) vor allem die Materialwahl besprochen wird.
128 Ebd. Die Niederschrift als «Einwand» legt nahe, dass hier eine Gesprächssituation protokolliert wurde.
129 Vgl. Franz Max Osswald, Brief an Haefeli Moser Steiger, 28. Juni 1937, 5 S. [S. 2], gta Archiv / ETH Zürch, Nachlass Haefeli / Moser / Steiger, Kongresshaus, Dossier «Osswald»
130 Zeichnung 2102, gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Haefeli / Moser / Steiger, Kongresshaus.
131 Zeichnungen 2094 und 2095, gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Haefeli / Moser / Steiger, Kongresshaus.
132 Zeichnung 2091, gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Haefeli / Moser / Steiger, Kongresshaus.
133 Vgl. Le Corbusier 1930, S. 162.
134 Zeichnung 2109, gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Haefeli / Moser / Steiger, Kongresshaus.
135 Franz Max Osswald, Expertise, 28. Juni 1937, 5 S. [S. 2 und S. 4], gta Archiv / ETH Zürch, Nachlass Haefeli / Moser / Steiger, Kongresshaus, Dossier «Osswald».
136 Max Kirchhofer, Protokoll der Besprechung mit Franz Max Osswald, Juni 1937, gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Haefeli / Moser / Steiger, Kongresshaus, Dossier «Osswald».
137 Vgl. Osswald 1937.
138 Vgl. *Le délicat problème de la correction acoustique* (Werbebroschüre der Bell Telephone Manufacturing Company), Anvers BE, o. J. [um 1937], gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Haefeli / Moser / Steiger, Kongresshaus.
139 Vgl. Hildebrand / Maurer / Oechslin 2007, S. 289.
140 Siehe Benjamin 1963 [1936]. Auch der im Architekturkontext oft zitierte Philosoph Gernot Böhme greift für seinen Begriff der «Atmosphäre» unter anderem auf Benjamins Konzept der «Aura» zurück; siehe Böhme 1995; ders. 2006.
141 Zit. n. Potthoff / Schmid 2012, S. 219. Vgl. ferner Attali 1985 [frz. 1977], S. i.
142 Vgl. Rüegg / Gadola 2007, S. 162–165.
143 Furrer u. a. 1943, S. 287.
144 Ebd., S. 291.
145 Vgl. Blesser / Salter 2007, S. 198.
146 Arnheim 1979 [engl. 1936], S. 68.
147 Vgl. Yusaf 2014; D. Harris 2015; Darò 2017; Windover 2018.
148 [Osswald] 1926, S. 527–528.
149 [Osswald] 1926, S. 527. Neben seinen Beiträgen aus *Das Werk* über die akustischen Herausforderungen beim Kirchgemeindehauses Enge (1925) und aus der *SBZ* über den Völkerbundwettbewerb (1927) legte Osswald seinem Habilitationsgesuch von 1927 auch diesen Artikel aus dem, so der Untertitel der *Radio-Programm*, «Offizielle[n] Organ der Radio-Genossenschaft in Zürich» bei.
150 Vgl. ebd.
151 Ebd., S. 528 und S. 529. In Osswalds Bericht fehlte jedoch jeglicher Hinweis darauf, ob die Reduzierung der Nachhallzeit nur den Mittelton- oder auch den Hochtonbereich betraf.
152 Vgl. das Protokoll von Haefeli Moser Steiger zu der Besprechung mit Spiess am 20. August 1937, gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Haefeli / Moser / Steiger, Kongresshaus, Dossier «Schiess».
153 Vgl. Schrage 2001, S. 175–201.
154 Arnheim 1979 [engl. 1936], S. 68.
155 Siehe dazu Volmar 2010; Sterne 2003.
156 Vgl. unter anderem Hickethier 2008.
157 Vgl. Yusaf 2014; dies. 2018.

158 Furrer 1941, S. 9. Furrer verglich dies mit dem von Floyd R. Watson fast zwanzig Jahre zuvor ermittelten längeren Richtwert von 1,2 bis 1,3 Sekunden, zusätzliche absorbierende Schichten «were considered to make the room too dead»: Watson 1923, S. 52. Siehe auch Furrer 1954; Kuhl 1954.
159 Siehe die drei Fotografien von Dorothea Furrer bei Schallaufnahmen im Nachlass von Willi Furrer, Empa-Ak Dübendorf, o. Sign.
160 Thompson 2002, S. 234, vgl. ebd., S. 295–315. Mit den Hörgewohnheiten befasste sich auch die Musiksoziologie, vor allem seit den 1970er Jahren, siehe Blaukopf 1984; Kaden 1985.
161 United Nations 1947, S. 33.
162 Ebd., S. 32.
163 John Harwood und Janet Parks erläuterten in einem von ihnen herausgegebenen Katalog zum Werk des ebenfalls in den UN-Bau involvierten Architekten Max Abramovitz, dass während des 37. Treffens des Entwurfskomitees die grundlegende Ordnung der Anlage mit der zentralen Position der Generalversammlung gemäss einer Zeichnung des US-amerikanischen Architekten Hugh Ferriss beschlossen wurde: «At the center of the site, the General Assembly assumed a scale appropriate to its importance.» Harwood / Parks 2004, S. 90. Für Bilddokumentationen des realisierten Saals siehe Stoller 1999; Betsky 2005.
164 Vgl. Newhouse 1989, S. 129.
165 Im ausgeführten Projekt wurde die Einschnürung flacher gebaut, da wegen Budgetkürzungen das gegenüberliegende, kleinere Auditorium nicht ausgeführt wurde. Die dynamische Form, wie sie das international besetzte Gremium (welches sich zum Zeitpunkt der Planänderung bereits aufgelöst hatte) in einem aufwendigen Planungsprozess beschlossen hatte, wurde beibehalten. Vgl. ebd.
166 Vgl. Beranek 2008, S. 110–111.
167 Arnheim 1979 [engl. 1936], S. 68.
168 Die Entscheidungsprozesse in der Planung des UN-Hauptsitzes hat Olga Touloumi anhand von Archivmaterialien und Sitzungsprotokollen eingehend in ihrer an der Harvard University eingereichten Dissertation untersucht; siehe Touloumi 2014, S. 158–180.
169 Vgl. Heuvel / Risselada 2004, S. 80. Siehe auch meinen früheren Aufsatz zum House of the Future: S. v. Fischer, Von der Konstruktion der Stille, 2013.
170 Zur Entstehungsgeschichte der *Daily Mail Ideal Home Exhibition* und den Archivbeständen vgl. die Angaben unter https://archiveshub.jisc.ac.uk/data/gb73-aad/1990/9 (abgerufen am 1. Juli 2018).
171 Vgl. Ryan 1997, S. 113.
172 Im Kommentar zum Schnitt hiess es: «structure detached from wall of house», und im Kommentar zum Plan: «platform must be detached from house walls»; Annotationen auf der Zeichnung 5525 für das House of the Future, CCA Archives Montréal: DR1995:0033.
173 Vgl. das Herstellerverzeichnis im Anhang zu Banham 1956, S. 55.
174 Annotationen auf der Zeichnung 5509 für das House of the Future, CCA Archives Montréal: DR1995:0018.
175 Schneider 2013; vgl. auch Vidler 1992.
176 Im März 2008 wurden in einer Befragung im Vorfeld der *Daily Mail Ideal Home Exhibition* viele der Vorhersagen, die Alison und Peter Smithson 1956 inszeniert hatten, als falsch bewertet. Unter den Geräten aber, mit denen die Architekten die Zukunft korrekt eingeschätzt hatten, landeten auf den ersten drei Plätzen dieser Evaluation die Fernsteuerung für den Fernseher, der Mikrowellenofen und die Gegensprechanlage an der Haustür. Vgl. Hale 2008.
177 Vgl. Banham 1956, S. 27.
178 Vgl. das Herstellerverzeichnis ebd., S. 55.
179 In England waren zwar bereits Geräte erhältlich, die automatisch Antworten abspielten. Die Einführung von angekoppelten Geräten zur Nachrichtenaufzeichnung, deren Erfindung auf das Jahr 1900 datiert wird, verzögerte sich aber vor allem infolge langwieriger

Zulassungsverfahren der Telefongesellschaften im Zuge von Fragen, die sich um den Schutz der Privatsphäre drehten. Die Technik des Mitschneidens von Gesprächen und Nachrichten wurde vor allem im Spionagebereich verwendet, für private Haushalte bis in die 1960er Jahre hinein jedoch als unpassend empfunden. In den USA waren Anrufbeantworter ab 1949 erlaubt, wurden aber vorerst nur wenig benutzt. Vgl. Morton 2006, S. 127; ders. 1998–2017.

180 Benjamin 2006, S. 18, zur Ästhetik des Telefonierens siehe Bräunlein 1997.

181 Vgl. hierzu in der vorliegenden Studie im fünften Kapitel zur «Erfahrung» das Unterkapitel «‘Explorations’ der Hörwahrnehmung».

182 Forward to Back-to-Back Housing, 1956, S. 236.

183 In der Schnittzeichnung scheint es, als wäre die Indikation «Mike-Speaker» nachträglich, mit einem anderen Schreibwerkzeug, notiert worden; überhaupt sind die Anmerkungen zur Tontechnik im Vergleich zu den detaillierten Angaben zum Licht, die mit einer genauen Beschreibung der Leuchtmittel versehen waren, spärlich. Schnitt QQ, Zeichnung 5521, CCA Archives Montréal: DR1995:0030.

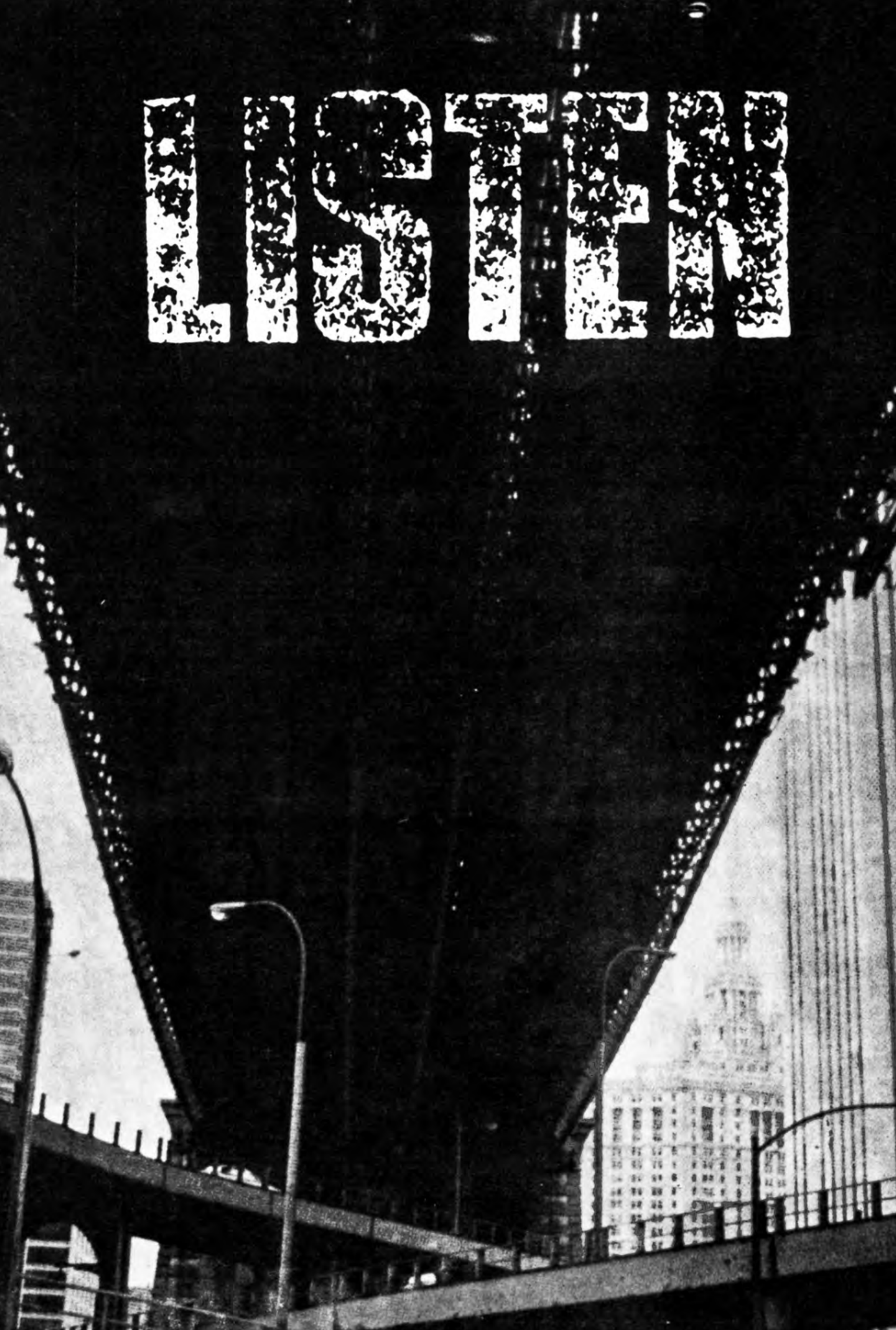
184 Das Haus, so schrieb Smithson, befinde sich, wie die Produkte anzeigen würden, in einem Niemandsland, «in a dustless, neighbourless, even childless, vacuum, where all that can be seen from the windows (if there are any) are spring trees and white clouds, not really declaring themselves as they really are.» Smithson / Smithson 1994, S. 115.

185 Siehe den Ordner mit Kopien von Fotografien des House of the Future im Bau und in der fertigen Ausstellung in den CCA Archives Montréal, Nachlass Robert Smithson, o. Sign.

186 Vgl. Colomina 2004, S. 31.

187 Vgl. die dementsprechenden zeitgenössischen Pressestimmen ebd., S. 40–41.

# Erfahrung: Die Ästhetik der Töne


LISTEN

# Mysterien und Messungen

> Haben sich unsere Ohren geändert? Nein, das Material, aus dem der Saal besteht, hat sich geändert.[1]
>
> Adolf Loos, «Das Mysterium der Akustik», 1912

Die Verwissenschaftlichung der Akustik hatte die Produktion wie auch die Wahrnehmung der Architektur im 20. Jahrhundert verändert. Der Schall konnte in Phon und Dezibel gemessen werden: So präzise wie die optimale Lautstärke in einem Konzertsaal oder der zulässige Schalldurchgang durch eine Wohnungstrennwand konnten die individuell realisierten Töne, wie die Menschen sie hörten, allerdings nie bestimmt werden. Abgesehen davon, dass insgesamt noch Erkenntnisse zum menschlichen Hörempfinden fehlten, wurde immer klarer, dass jede und jeder Töne und Geräusche situations-, alters- und stimmungsbedingt wahrnahm. Kulturelle, soziale, psychologische, physiologische genauso wie ökonomische, politische und ästhetische Faktoren woben ein multidimensionales Netz von Bezügen, innerhalb dessen sich das Wissen der Experten mit den Traditionen des Alltags überlagerte.

Dieses letzte Kapitel widmet sich der Erfahrung, die für Franz Max Osswald um 1930 auch schon Einfluss auf die Versuche in seinem Laboratorium genommen hatte, sowie der Frage, in welcher Form sie andernorts und auch in anderen Kontexten immer wieder Teil der akustischen Überlegungen war. So unterschiedlich wie die Räume waren auch die Vorschläge, wie ihre akustische Qualität verbessert werden könnte. Diese Vielfalt spiegelt sich in den Überzeugungen, den Methoden und in den architektonischen Umsetzungen. Immer wieder, in immer anderen Zusammenhängen, gab es Versuche, die Objektivierung und die Erfahrung miteinander zu verbinden.

Adolf Loos etwa behauptete 1912 mit Blick auf den Bösendorfer-Konzertsaal in Wien, dass sich nicht die Bedingungen des Hörens geändert hätten, sondern die Backsteine der ehemaligen Reithalle, die der Konzertsaal einst war. Auch als Leo Beranek ein halbes Jahrhundert später mit Messungen und Befragungen die Qualitäten von Musiksälen objektivieren wollte, stiess er an die Grenzen der Beschreibbarkeit mit wissenschaftlichen Mitteln.

**5.01 LISTEN: Das Wortbild dieser Aufforderung zum Hinhören begleitete die Hörspaziergänge des Perkussionisten Max Neuhaus. Das Poster von 1976 zeigt die Brooklyn Bridge in New York City, gesehen von der South Street.**

**Adolf Loos' Molekularveränderungen im Material (1912)**

Wegen seiner ausserordentlichen raumakustischen Qualität, die so einmalig sei, dass sie niemals an einem anderen Ort wiederhergestellt werden könne, plädierte der österreichische Architekt und Kritiker Adolf Loos (1870–1933) in dem polemischen Aufsatz «Das Mysterium der Akustik» von 1912 für den Erhalt des vom Abriss bedrohten Bösendorfer-Konzertsaals an der Wiener Herrengasse (Abb. 5.02). Der kurze Text ist ein einprägsames Dokument aus einer Zeit, als die neuesten Entwicklungen in den akustischen Wissenschaften beeindruckten, ohne allerdings ganz verstanden zu werden. In einer eigenwilligen Adaption griff Loos hier Wallace C. Sabines Nachhalltheorie auf und stellte den Zusammenhang von Material und Raumklang in den Fokus seiner Kritik.

Loos, den ein Zeitgenosse als «Verneiner von Wien» bezeichnete, schien gleichzeitig fasziniert und irritiert von den Naturgesetzen der Raumakustik.[2] Er stellte die physikalischen Phänomene mit ihren «mysteriöse[n] Molekularveränderungen» ins Zentrum seines Textes, verweigerte sich dabei aber der Idee, dass Akustik berechenbar sei.[3] Er zitierte verschiedenste Erklärungsmodelle, allerdings nur, um sie gleich wieder zu verwerfen: von Vitruvs Schallvasen als Klangverstärker über Schallstrahlen, die wie Billardkugeln reflektiert werden, bis zur physikalischen Berechnung der Schallenergie mittels Sabines Formel. Letztere war in Wien spätestens bekannt, seit der österreichische Physiker Gustav Jäger (1865–1938) am 4. Mai 1911 seine Abhandlung *Zur Theorie des Nachhalls* an der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften vorgestellt hatte.[4]



5.02 Adolf Loos vermutete «mysteriöse Molekularveränderungen» in den Backsteinwänden während der Nutzung der vormaligen Reithalle des Palais Liechtenstein als Konzertsaal: Innenraum des 1872 eröffneten Bösendorfer-Saals. Rasterdruck einer undatierten Fotografie.

Mit seiner beinahe fanatischen Überlagerung von technischer Objektivierung, überlieferten Annahmen und empfundenen Wirkungen entfaltete Loos eine verwickelte Polemik für die Einzigartigkeit des vierzig Jahre alten Bösendorfer'schen Musiksaals.[5] In weniger als sechshundert Wörtern plädierte er für die Wichtigkeit der Töne in der Architektur und verwarf dabei die moderne Raumakustik als eine Gegenspielerin der musikalischen Aura. Zugleich modern und antimodern zeichnete Loos das bedrohliche Bild einer Entmystifizierung durch die mathematischen Formeln der Bauphysik. Die rhetorische Frage «Haben sich unsere Ohren geändert?» könnte mit «Ja» beantwortet werden. Loos entschied sich anders. Ihm zufolge habe das «Material» des Konzertsaals «durch vierzig Jahre immer gute Musik eingesogen» und sei «mit den Klängen unserer Philharmoniker und den Stimmen unserer Kammersänger imprägniert» worden: «Das sind mysteriöse Molekularveränderungen, die wir bisher nur am Holze der Geige beobachten konnten.»[6] Folgt man Loos, schwingt sich also ein Saal wie ein Streichinstrument ein und entfaltet so mit der Zeit sein Klangpotential.

Aus rein naturwissenschaftlicher Sicht ist dieser oft zitierte Vergleich zwischen Raum und Instrument problematisch. Während das Instrument in Schwingung versetzt wird, steht der Raum der Musik als neutrales Gefäss gegenüber (und schon gar nicht soll er eigene Schwingungen anregen; schliesslich sind die sogenannten Eigenmoden eines Raumes meist störend, wenn sie hörbar werden). Instrumentenkörper sind aus dünnem Holz, denn sie sollen schwingen, Raumeinfassungen hingegen sollen genau das nicht, weshalb sie auch schwerer ausgebildet sind. Es ist die Anschaulichkeit der Analogie als ästhetische Metapher, der auch Loos verfiel und die er prominent in seinem Text platzierte.

Loos war von Kindheit an schwerhörig, und infolge dessen hatte er, wie eine Biografie über ihn vermerkt, «ja ein besonders empfindliches Verhältnis zur Akustik».[7] Auch seine Verehrung für die Musik von Arnold Schönberg (1874–1951) ist vielerorts beschrieben worden, wobei immer wieder die Verwandtschaft zu dessen ästhetischen Konzepten hervorgehoben wurde.[8]

Wenig später nach Erscheinen seines Plädoyers für den Erhalt des Bösendorfer-Saals besuchte Loos als einer der Förderer von dessen Musik am 16. April 1912 einen dort veranstalteten Schönberg-Abend. Von der überschwänglichen Anerkennung des Publikums wurde Schönberg nach Berlin berichtet: «In wie kurzer Zeit eigentlich hat sich das Bild so verändert, wenn man der ersten Aufführung durch Rosé [eines der damals bekanntesten Wiener Streichquartette, S. v. F.] bei Bösendorfer gedenkt und der heutigen ...»[9] Ob hier eine Gewöhnung an die neuartigen Kompositio-

nen oder an die Saalakustik angesprochen ist, lässt sich schwer bestimmen. Wie Emily Thompson in ihrer Untersuchung der Architektur amerikanischer Musiksäle und Hörgewohnheiten wegweisend aufgezeigt hat, sind Architekturformen und musikalischer Geschmack indes kaum voneinander zu trennen.[10]

Der Bösendorfer-Saal war seit seiner Eröffnung 1872 einer der wichtigsten Konzertsäle Wiens. Um den traditionsreichen Musiksaal vor dem angekündigten Abriss zu bewahren, berief sich Loos ganz am Schluss seines Plädoyers auch auf namhafte Persönlichkeiten, die dort aufgetreten waren: «Im Mörtel des Bösendorfer-Saales wohnen die Töne Liszts und Messchaerts und zittern und vibrieren bei jedem Tone eines neuen Pianisten und Sängers mit.»[11] In der Hauptsache führte er die berühmte Raumakustik auf eine Art akustische Patina des Materials zurück, als eine Materialveränderung über die Zeit.

«Dass der Bösendorfer'sche Konzertsaal vierzig Jahre zuvor in eine Halle ganz ohne musikalische Vergangenheit eingebaut worden war, unterschlug Loos wohlweislich. Insbesondere die grossen Fenster an den langen Seiten des Raumes erinnerten an die Vergangenheit als Reithalle (vgl. Abb. 5.02). Der Klavierbauer und Kunstmäzen Ludwig Bösendorfer (1835–1919), der die Halle im Erdgeschoss des Palais Liechtenstein an der Herrengasse 6 im Wiener Stadtzentrum für die Umnutzung zum Konzertsaal verkleinern liess, nahm es selbst in die Hand, die bestmöglichen Klangverhältnisse zu bestimmen – und zwar vom Sattel eines Ponys aus: Er ritt durch die Halle und lauschte dem Nachhall der Rufe eines Freundes. Während der Bauarbeiten liess Bösendorfer die neue Wand drei Mal verschieben, bis er sich mit der Akustik zufriedengab.[12]

Das Eröffnungskonzert am 19. November 1872 fand in einem erst halbfertigen Saal statt, der behelfsmässig mit Stalllaternen beleuchtet war. Zuletzt musste unter Zeitdruck improvisiert werden, denn Bösendorfer hatte in dem Angebot des Klaviervirtuosen und Stardirigenten Hans von Bülow (1830–1894), in den neuen Räumlichkeiten einen Konzertabend auszurichten, die Möglichkeit gesehen, seine neue Lokalität rasch bekannt zu machen. Über die Rezeption des Konzertsaals im Verlauf der vier Jahrzehnte währenden Nutzung schrieb die Musikhistorikerin Christina Meglitsch, dass durch Bösendorfers zahlreiche und enge Kontakte zu verschiedensten Künstlern sowie zu wichtigen Musikern und hauptsächlich «durch die wunderbare Akustik» der Bekanntheitsgrad und die Beliebtheit des Saales so stetig wuchs, «dass er als gleichbedeutend – die Akustik jedoch weit übertreffend – mit dem großen Musikvereinssaal in die Geschichte einging.»[13] Im ehemaligen

Reitstall fand sich also die Wiener Elite zu einem gesellschaftlichen Ritual ein, das der musikalischen Qualität sicher entsprach.

Während im Bösendorfer-Saal für fast 600 Zuhörer Klavier- und Kammermusikwerke aufgeführt wurden, waren im Großen Saal des Wiener Musikvereins mit 1600 Sitzplätzen eher Symphonien zu hören, weshalb die beiden Säle unterschiedliche Anforderungen zu erfüllen hatten. Ein solcher Vergleich, auch wenn sich Meglitsch hierbei auf die Erinnerung eines Zeitzeugen beruft, sagt weniger über die Saalakustik als über die Aura der Konzerträume aus und nobilitiert den Bösendorfer-Saal. Physikalisch genau bestimmen lässt sich dessen Saalakustik jedenfalls heute nicht mehr: Dem Engagement von Loos und seinen Zeitgenossen zum Trotz wurde der Konzertsaal im Mai 1913 abgerissen.[14]

Anlässlich seiner Schliessung zitierten viele Zeitungen die Genese des führenden Musiksaals in dem ehemaligen Reitstall.[15] Vor allem aber hallten die Namen der Persönlichkeiten nach, die während der vier Jahrzehnte bei den rund 4500 Konzerten im Bösendorfer-Saal aufgetreten waren: neben den von Loos erwähnten Franz Liszt und Johannes Messchaert auch die Pianisten und Pianokomponisten Anton Rubinstein, Edvard Grieg, Béla Bartók und die Komponisten Johannes Brahms, Anton Bruckner und Gustav Mahler.[16]

Loos' Argumentation für den Erhalt des Bösendorfer-Saals begann hingegen mit der Erläuterung einer zeichnerisch-geometrischen Schallkonstruktion:

> Sie [die Architekten] zeichneten gerade Linien vom Tongeber nach der Decke und meinten, daß der Schall wie eine Billardkugel im selben Winkel von der Bande abspringe und seinen neuen Weg nehme. Aber alle diese Konstruktionen sind Nonsens.[17]

Die von Loos hier beschriebene geometrische Akustik war durch Wallace C. Sabines Berechnungsmethode für die akustische Absorption von Materialien nicht ersetzt, sondern ergänzt worden. Das Reflexionsgesetz gilt für Licht wie für Schall, wobei für den Schall auch sein Wellencharakter zu berücksichtigen ist, denn Schallwellen können sich an Hindernissen beugen, während sich Lichtstrahlen in eine bestimmte Richtung fortsetzen. Da sich Schallwellen je nach Frequenz und somit Wellenlänge beugen, reicht die «optische» Modellierung der Reflexionen für eine Modellbildung des Schalls nicht aus. Loos' Kritik war insofern berechtigt, als in der Akustik neben dem (mit Licht simulierten) Strahlenmodell auch das (eher mit Wasser untersuchte)

Wellenmodell gilt, und beiden Modellbildungen stellte die moderne Akustik schliesslich die bei Loos ebenfalls berührten statistischen Methoden und die Nachhalltheorie an die Seite.

Dass Filz, poröse Steine und weiche Stoffe mehr Schall absorbieren, flocht Loos in seine Argumentationskette zwecks Beschwörung des «Mysteriums» der Akustik ein, kritisierte dann aber die von Sabine nachgewiesene Absorption der Schallenergie, weil sie sich dem Ton, so empfand er es, entgegenstellte:

> Denn die Akustik eines Saales ist nicht eine Frage der Raumlösung, sondern eine Frage des Materials. Einen schlecht akustischen [sic] Saal kann man durch weiche Stoffe, durch Vorhänge und Wandbespannungen verbessern. Ja, ein mitten durch den Saal gespannter Zwirnsfaden kann die Akustik eines Raumes total verändern und verbessern. Das aber sind Surrogate. Denn diese weichen Stoffe saugen den Ton auf und nehmen ihm seine Fülle.[18]

Nicht physikalische Eigenschaften wie Dichte, Härte oder Porosität, sondern seine Vergangenheit als Konzertsaal charakterisierte bei Loos die akustische Qualität im Bösendorfer-Saal. Für den Architekten Loos war es die blosse Architektur, die den Klang bestimmen sollte, keine technischen Hilfsmittel. Mit seiner Abneigung gegen absorbierende, weiche Raumoberflächen als «Surrogate» unterstellte Loos die Wände des Konzertsaals der Forderung einer *nuda veritas* – im Sinne des «Entschleierungs- beziehungsweise Demaskierungspathos» der Wiener Secession. Dies stand in einem paradoxen Verhältnis zu seinen eigenen, oft komplex ausgekleideten und eingerichteten Interieurs, die, wie der Architekturtheoretiker Ákos Moravánszky herausgearbeitet hat, auch maskenhaften Charakter aufwiesen.[19] Loos' wiederholte Verweise auf die Materialeigenschaften lehnten sich nur teilweise an die Nachhalltheorie an; vor allem aber beschrieb er die Aura des Saals – jenseits naturwissenschaftlicher Erklärungen:

> [D]ie Seelen der Menschen kann man wohl betrügen, aber nicht die Seele des Materials. Säle, in denen bisher nur Blechmusik gespielt hat, bleiben ewig unakustisch. Aber so fein empfindlich ist die Seele des Materiales: man lasse durch acht Tage eine Militärmusik im Bösendorfer-Saal schmettern und die berühmte Akustik des Raumes ist sofort beim Teufel.[20]

Das Material wurde mit Bedeutungen aufgeladen, deren Herleitungen sich allenfalls aus Loos' radikaler «Ästhetik der nackten Steine» erschliessen lässt. Der dänische Kunsthistoriker Anders Munch findet in Loos' ästhetischer Haltung auch eine Affinität zu Schönbergs früher tonaler Harmonielehre.[21] Diese Verschränkung moderner Ästhetik, wie sie sich in Schönbergs Musik ausdrückt, mit wissenschaftlicher Berechnung der Materialbeschaffenheit in der aus Experimenten mit Filzkissen entwickelten Formel für die Nachhallzeit überschritten die wissenschaftlichen Erklärungsmodelle in einer eigenwilligen Verneinung und Verschränkung zugleich.

Um sein Argument zu untermalen, verwies Loos auch auf die schon bei Vitruv erwähnten Schallvasen in griechischen und römischen Theatern, «in denen sich je ein riesiges metallenes Becken befand, das mit Trommelfell bespannt war».[22] Tatsächlich wurden solche Vasen, die Vitruv unter den Sitzen im Theater zu platzieren vorschlug, gemäss der Überlieferung aus Bronze (oder, in billigerer Ausführung, aus Ton) hergestellt.[23] Loos' Idee von einer Bespannung «riesige[r] […] Becken» mit Fell wie bei Perkussionsinstrumenten aber weicht von Vitruvs Schallvasen ab, denn diese waren hohl, um den Schall in sich aufzunehmen.

Aus physikalischer Sicht bestimmen Volumen, Proportion und der Absorptionskoeffizient des Materials die Raumakustik. Bei Loos war es nur das Material an sich, das im Laufe der zahlreichen Bösendorfer'schen Konzerte zu einem einmaligen Träger einer musikalischen Vergangenheit geworden sei. Dieses Verweigern gegenüber einer Determinierung durch mathematische Berechnung und das Beharren auf einer wahrgenommenen Klangqualität war letztlich nicht weniger als ein Insistieren darauf, dass die subjektive ästhetische Erfahrung auch Teil einer Wissenschaft sein sollte. In diesem Sinn lässt sich Loos' «Mysterium» der Akustik auch in der Tradition von Erfahrungswissen als holistischem Prozess und als stilles Wissen der Architektur lesen.

In vergleichbarer Weise scheint der «Alterswert», wie der österreichische Kunsthistoriker Alois Riegl (1858–1905) im Jahr 1903 den historischen Wert eines Denkmals nannte, bei Bauten für Musik eine besondere Rolle zu spielen.[24] In der Einleitung zu *Music, Acoustics and Architecture* von 1962 erklärte Leo L. Beranek seine Motivation zu dem Buch, in dem er Konzert- und Opernsäle weltweit miteinander verglich und «benotete», damit, dass er mit Vorurteilen gegen moderne Konzertsäle aufräumen und der Kritik an mit physikalischen Formeln berechneter Akustik ein Ende setzen wolle.[25] Der Frage, ob Konzertsäle über die Jahre besser klingen würden – wie Loos es in seinem Plädoyer für den Bösendorfer-Saal ein halbes Jahrhundert zuvor

vehement behauptet hatte –, widmete Beranek dabei eine ganze Seite. Seine klare Antwort: Es sei einzig der Ruf eines Konzertsaals, der sich mit den Jahren wie der Geschmack eines reifen Cognac herausbilde; schlechte Säle würden schliesslich zu allen Zeiten abgerissen und ersetzt.[26]

In der erweiterten und neu bearbeiteten Ausgabe des Buches von 2004 wies Beranek allerdings darauf hin, dass alle bestrangierten Auditorien aus dem vorletzten Jahrhundert stammen.[27] In dieser Respektsbezeugung dem Alter der Bauwerke gegenüber klingt in gewisser Weise Loos' Argumentation von 1912 an: dass nämlich die in einem Saal gespielte Musik diesen «imprägniert», seine Wände die gespielte Musik sozusagen aufsaugen würden und somit erst die Lebensdauer und der Gebrauch einen Saal – wie ein von Meisterhand gespieltes Instrument – zur Blüte brächten.

Doch nicht nur die Bautechniken, auch die Hörgewohnheiten unterliegen Veränderungen, und die Vermessung der Raumakustik ging mit einem veränderten Sensorium der Zuhörer einher. Bei Loos erscheint der zeitliche Verlauf als psychologische, physiologische und soziale Dimension des Gebrauchs, sogar der Gewöhnung. Loos zeigte sich fasziniert von der jungen Wissenschaft der Raumakustik, setzte ihr gleichzeitig aber Widerstand entgegen – eine Ambivalenz, die auf die damaligen Umbrüche in der architektonischen und raumakustischen Modellbildung weist, einer Zeit mithin, als die alten Begriffe nicht mehr genügten, die neuen aber noch fehlten.

## Weite Wiesen und gesichertes Wissen (1939)

In seiner Antrittsrede als Privatdozent an der ETH Zürich hatte Franz Max Osswald 1929 für die angewandte Akustik formuliert, sie sei «ein *Grenzgebiet* zwischen Physik und Physiologie, am Rande der Geheimnisse der Lebensempfindungen. Wir dürfen nicht hoffen, jemals alles exakt analisieren und mechanisieren zu können».[28] Später betonte er, Wallace C. Sabines Erfolge seien darauf zurückzuführen, dass er «eine selten glückliche Vereinigung von Theoretiker, Physiker und lebenswirklichem Praktiker» war.[29] Dayton C. Miller wiederum hatte schon 1914 betont: «The science of sound is related to at least three phases of human endeavor, the intellectual, the utilitarian, and the aesthetic.»[30] Und auch der berühmte deutsche Akustiker Lothar Cremer verwies zu Beginn seiner erfolgreichen Laufbahn auf die Differenz zwischen der Einschätzung durch Erfahrungswissen und der objektivierten Berechnung. In seinem Aufsatz «Die physikalischen Grundlagen der Raumakustik», der 1936 in der *Akustischen Zeitschrift* erschien, relativierte Cremer dabei nicht zuletzt die Berechenbarkeit:

> Es ist ein in Musiker- und Architektenkreisen weit verbreiteter Aberglaube, daß man hinsichtlich der Hörsamkeit eines Raumes ganz dem Zufall ausgeliefert sei und auf beliebige Überraschungen nach Fertigstellung des Baues gefaßt sein müsse. Auf der anderen Seite wird oft von denjenigen Baufachleuten, die in dankenswerter Weise den raumakustischen Gesetzen Beachtung schenken, Genauigkeit und Tragweite ihrer Formeln stark überschätzt.[31]

Ein solches grenzgängerisches Profil wurde auch schon im Jahrhundert davor als für die Erfassung und Bestimmung der Umwelt notwendig erachtet. 1859 prägte der Psychologe Gustav Theodor Fechner (1801–1887) den Begriff der «Psychophysik». In der Einleitung zu seinem Werk *Elemente der Psychophysik* beschrieb er sie «[a]ls exacte Lehre […] wie die Physik».[32] Und weiter:

> Das psychophysische Experiment, bisher nur eine beiläufige Stelle bald in dem physikalischen, bald physiologischen Experimentierzimmer findend, nimmt nun sein eigenes Zimmer, seinen eigenen Apparat, seine eigenen Methoden in Anspruch.[33]

In seinen Untersuchungen zur Wirkungsweise von Umwelteinflüssen auf die menschliche Wahrnehmung unterschied Fechner die «intensive Schwelle», die er in die vier Bereiche «Licht und Farbe», «Schallstärke und Tonhöhe», «Gewichte» und «Temperatur» aufteilte, und die «extensive Schwelle», die er im Hinblick auf «Gesichtssinn», «Tastsinn» und die «Auffassung von Zeit und Bewegung» testete.[34] Die dreissig Versuche zur «Hörschwelle» führte Fechner «des Nachts 12 Uhr bei vollkommener Windstille» durch.[35] In dieser Situation sollten keine Umgebungsgeräusche die Töne maskieren, die in seiner Versuchsanordnung auch ältere Personen wahrnehmen sollten – Fechner selbst war über fünfzig Jahre alt und hörte hohe Frequenzen wohl nicht mehr so gut wie ein junger Mensch.

Er kam beispielsweise zu dem Ergebnis, dass die Empfindlichkeit für die Unterscheidung von verschiedenen Tonhöhen grösser sei als für jene von verschiedenen Schallstärken, und ermittelte auf mathematischem Weg die Fähigkeit des menschlichen Gehörsinns, Abweichungen von musikalischen Intervallen zu erkennen.[36] In seinen folgenden Schriften nahm er vielfach Bezug auf Hermann von Helmholtz (1821–1894), der 1863 mit seinem Buch *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik* unter anderem den Begriff der «Klangfarbe» prägte.[37]

Helmholtz' seinerzeitiger Assistent Wilhelm Wundt (1832–1920), ein Begründer der experimentellen Psychologie, entwickelte nebst anderen Forschern Fechners Erkenntnisse weiter.

Das Gegenüber von technischer Messung und subjektivem Höreindruck stellte die moderne Akustik vor eine Herausforderung. Als Harvey Fletcher, der spätere Entwickler des «audiometer», um 1914 an den Bell Telephone Laboratories begann, Sprache und Hörverständnis für die Telefonie zu testen, provozierten die hörphysiologischen Vorgänge mindestens so zentrale Fragestellungen wie die elektrische Signalübermittlung. In den 1920er Jahren untersuchte Fletcher schliesslich binaurale Impulse und forschte an der frühen Form einer Technik, die später als «Stereophonie» bezeichnet wurde.[38] Letztendlich gelang dann in den 1930er Jahren zwar die mechanische Objektivierung der Schallmessung, die Hörwahrnehmung blieb jedoch ein Feld voller noch nicht erklärbarer Wechselwirkungen.

Die Physiologie des Hörens und die physikalische Messtechnik agierten über weite Strecken des 20. Jahrhunderts als separate wissenschaftliche Disziplinen. Erst ab den 1960er Jahren wurden Methoden entwickelt, um die physikalische und die physiologische Akustik zusammenzuführen. In einer Art zweitem elektroakustischen Zeitalter wurde Psychoakustik, Hörphysiologie und Schallmessung in eine wissenschaftliche Verbindung gebracht, besonders eindrücklich beispielsweise dokumentiert in der zu Beginn dieses Buches beschriebenen Kuppel aus achtzig Lautsprechern, die 1965 im Göttinger Labor von Erwin Meyer fertiggestellt wurde (vgl. Abb. 1.47).[39]

Meyer war es auch, der in seinem fast dreissig Jahre zuvor in England publizierten Buch *Electro-Acoustics* Laborversuche mit Lautdiagrammen beschrieben hatte. In einem reflexionsarm konstruierten und mit hängenden und gefalteten Stoffbahnen ausgestalteten Laboratorium, das in akustischer Hinsicht einer schneebedeckten Wiese ähnlich ein Freifeld simulieren sollte, führte ein Physiker in einem weissen Arbeitskittel die Experimente durch, wie eine in *Electro-Acoustics* abgedruckte Fotografie veranschaulicht (Abb. 5.03).[40] Die weissen Wände und die weisse Bekleidung waren dabei als Teil des Bestrebens zu verstehen, das Experiment in einer keimfreien und hygienischen Umgebung vor jeglichem Zweifel zu bewahren.

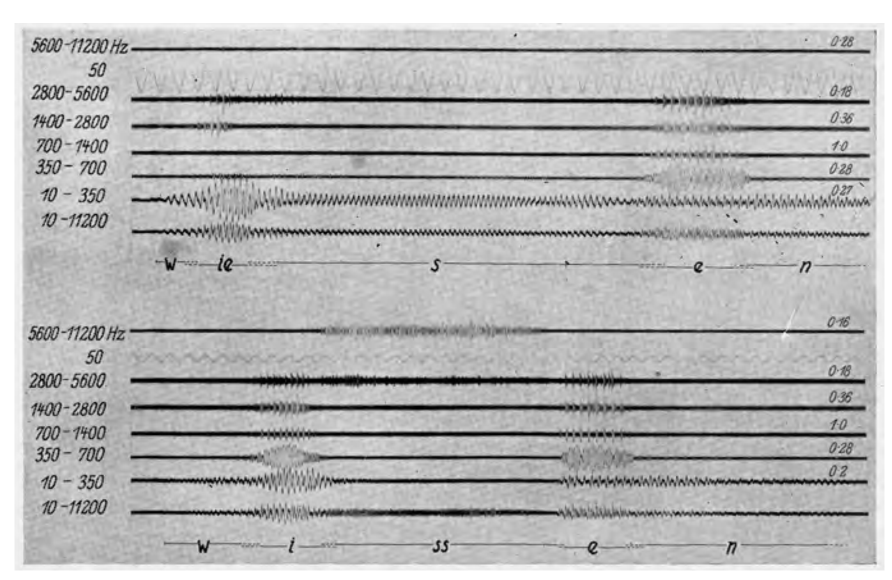
In einer weiteren Illustration stellte Meyer mit Hilfe von zwei nach Frequenzen gefilterten Oszillogrammen die beiden Lautbilder der Wörter «Wiesen» und «Wissen» gegenüber (Abb. 5.04).[41] Die Schallabbildungen sollten zeigen, dass die formale Ähnlichkeit der geschriebenen Wörter sich nicht in der zweidimensionalen akustischen Aufzeichnung widerspiegelte. Das

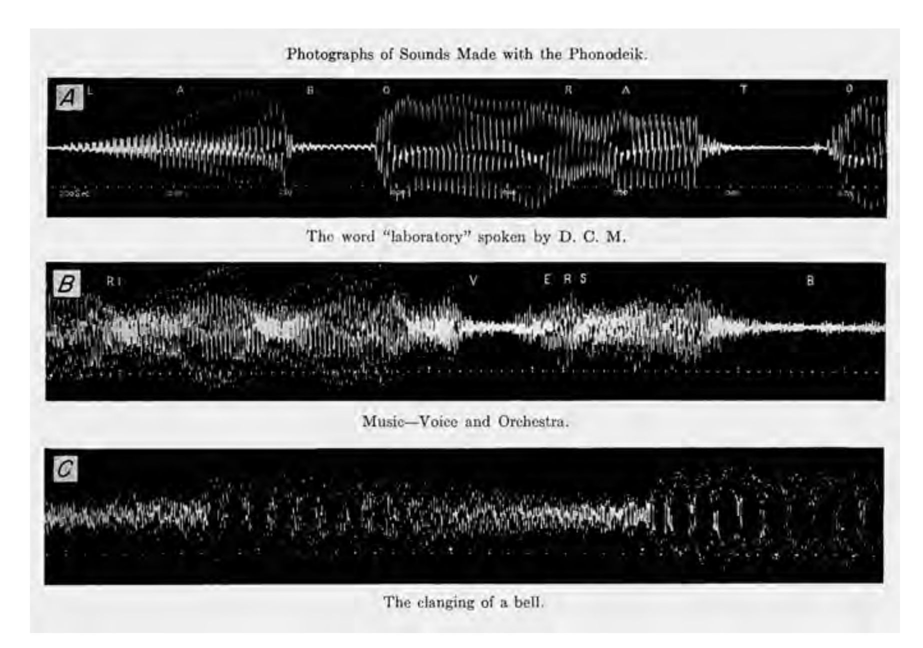


5.03 Ein Akustiker im Laborkittel bei Sprachaufnahmen in einem schallgedämpften Laboratorium, Ende der 1930er Jahre. Aufnahme aus Erwin Meyers *Electro-Acoustics* von 1939.

5.04 «Wiesen» (veesen) und «Wissen» (vissen) als Filteroszillogramme der gesprochenen Worte nach den Messungen von Oskar Vierling und Fritz Sennheiser in Erwin Meyers *Electro-Acoustics* von 1939.

5.05 Das gesprochene Wort «laboratory» visualisiert mit Hilfe des Phonodeik (griechisch für «Schall-Zeiger»), im Vergleich mit Gesang und Orchestermusik sowie Glockengeläut. Bildserie aus Dayton C. Millers *Sound Waves* von 1937.



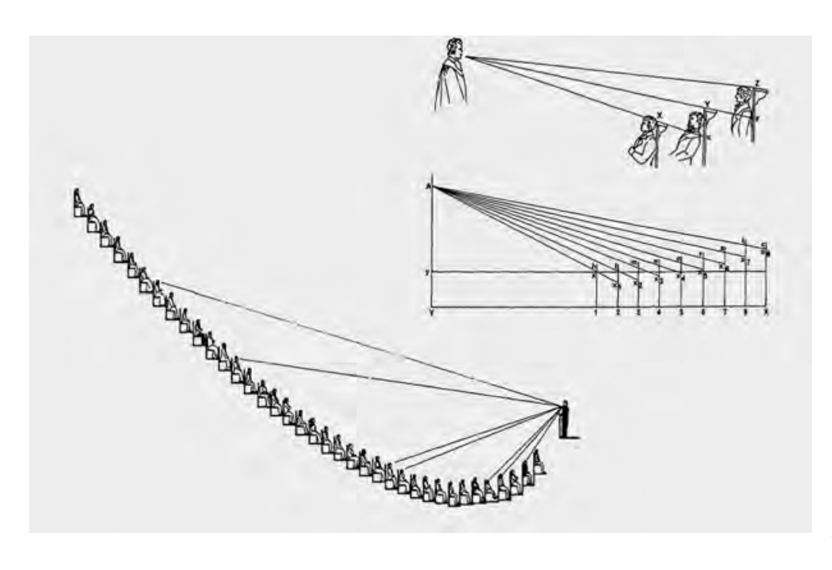



langgezogene «ie» in «Wiesen» bildete sich auf der Zeitachse länger ab als der kürzere Vokal in «Wissen», der sich vor allem in den tieferen Frequenzen des Diagramms manifestierte. Das stimmlose, kurze «ss» hingegen schlug sich als Impuls in höheren Frequenzen nieder.

Die beiden Wörter, die sich nur durch einen einzigen Buchstaben unterschieden, wurden also ganz anders ausgesprochen, was sich in den Oszillogrammen sichtbar machen liess. Interessant ist allerdings auch, dass Meyer und seine Kollegen gerade diese beiden Wörter für ihr Experiment ausgesucht hatten, denn das Wortpaar «Wiesen» und «Wissen» koppelt den Ort und die Bestimmung der akustischen Forschung: «Wiesen» als Referenz an die im Laboratorium konstruierte Freifeldsituation, «Wissen» als Ziel der Wissenschaft überhaupt. Diese Gegenüberstellung der freien Wiesenlandschaft mit dem (im Laboratorium generierten) Wissen konstruiert im Zuge dieses Transfers in ein Bildmedium geradezu einen Zusammenhang zwischen den beiden Termini.

Meyer war nicht der Erste, der sich um die Visualisierung von Sprache verdient gemacht hatte. Unter den Vorläufern solcher Oszillografien finden sich etwa auch die «Photographs of Sound», die Dayton C. Miller mit seiner 1908 entwickelten und «Phonodeik» genannten Konstruktion aufgenommen hatte. Noch 1937 – Miller war bereits über siebzig – präsentierte er stolz seine Phonodeik-Fotografien, darunter auch eine Dreierserie, mit der er das von ihm gesprochene Wort «laboratory» in Gegenüberstellung zu Orchestermusik und Glockengeläut visualisierte (Abb. 5.05).[42] Es scheint so, als wollten sich die Akustiker mit der Vermessung und Verbildlichung von Wörtern wie «laboratory», «Wiesen» und «Wissen» vergewissern, dass ihre Versuchsanordnungen, erdacht unter dem objektivierten Methodenhorizont der modernen Wissenschaften, auch im weiter gefassten Rahmen älterer Überlieferungen und Traditionen, im impliziten, verinnerlichten Wissen der Erfahrung gültig seien.

Bilder des Schalls hatten die Geschichte der Akustik seit jeher begleitet. Seit Vitruvs *Zehn Bücher über Architektur* werden Vergleiche von Schall- mit Wasserwellen als Hilfsmittel im architektonischen Entwurf erwähnt. Strahlenkonstruktionen in Analogie zu Lichtstrahlen, eine weitere Möglichkeit akustischer Modellbildung, zeigte beispielsweise der jesuitische Universalgelehrte Athanasius Kircher (1602–1680) in seinen berühmten Druckgrafiken. Der britische Ingenieur John Scott Russell (1808–1882) konstruierte, basierend auf seinen Überlegungen für die Schifffahrt, «isoakustische Kurven», deren vereinfachte Schallmodellierung auch für Innenräume praktisch anwendbar war (Abb. 5.06).



5.06 Für die Modellbildung von Schall wurden Analogien zu Wasser, Licht, Mathematik und Wellentheorie angewendet. Hier John Scott Russells «isoakustische Kurven», abgebildet in einer Ausgabe des *Edinburgh New Philosophical Journal* von 1838.

Auf dieser Theorie wiederum basierte der Entwurf von Dankmar Adler (1844–1900) – dem ein aussergewöhnliches Gefühl für Akustik nachgesagt wurde – für das zusammen mit Louis Sullivan (1856–1924) entworfene und 1889 eröffnete Auditorium Building in Chicago.[43] Adler hatte allerdings weder die Fokussierungen infolge der Deckenwölbung noch den Energieverlust durch die Distanz bedacht, weshalb der grosse Saal mit seinen 4200 Plätzen dann auch nicht allen musikalischen Ansprüchen genügte.[44]

Darstellungen von Schall als Linie, wie hier an den Beispielen von Russell, Miller und Meyer gezeigt, versprachen Klarheit und Synthese – genau das also, was von einer modernen Wissenschaft verlangt wurde.[45] Auch die als Chladni-Figuren bekannten Sandbilder, mittels derer Ernst Florens Friedrich Chladni (1756–1827) die Eigenschwingungen von Platten sichtbar machte, lebten im 20. Jahrhundert fort, etwa in den Re-Enactments der Physikerin Mary D. Waller (1886–1959), die sie 1938 auch im Rahmen der BBC-Mini-Serie «Experiments in Science» vorführte (Abb. 5.07).[46]

Durch alle Jahrhunderte hatten Visualisierungen des Schalls der Wissenschaft als Spiegel der Erkenntnis und als Mittel der Kommunikation gedient. Auch der amerikanische Akustiker und Elektrotechniker Winston E. Kock (1909–1982), 1933 für zwei Semester Austauschstudent am Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung in Berlin (noch unter der Leitung von Karl Willy Wagner), gehört zu den Akustikern, die sich der Bilder bedienten.[47] In einem im *JASA* publizierten Nachruf würdigte sein ehemaliger Mitarbeiter Floyd K. Harvey die achtzig Patente und zahlreichen internationalen Publikationen, die aus Kocks Arbeit hervorgingen.[48] Aber eben nicht nur das: Nachdem Kock 1978 eine autobiografische Reflexion veröffentlicht hatte, er-





5.07 Schwingungsmuster des Schalls hatte Ernst Florens Friedrich Chladni schon im 18. Jahrhundert mit Sand sichtbar gemacht. Hier die Mathematikerin Mary D. Waller bei einer Demonstration in der TV-Serie «Experiments in Science» im März 1938.

5.08 Mit Hilfe des fokussierenden Effekts einer akustischen Linse, einem winzigen Mikrofon und einer schwingenden Fluoreszenzröhre konnten Floyd K. Harvey (im Bild) und Winston E. Kock an den Bell Laboratories in einer Langzeitbelichtung Schallwellen fotografieren. Die Aufnahme ist rückseitig auf den 14. Juni 1950 datiert.

schien 1982, kurz vor seinem Tod, unter dem Pseudonym Wayne Kirke auch noch ein Roman, *Love's Warm Sun. The Story of a Bright Young Engineer and a Beautiful Young Girl*.[49]

Dank Kock und Harvey gab es auch um die Jahrhundertmitte (nach Sabines und Osswalds Schlierentechnik und weiteren Methoden mit Wasser oder Licht) Fotografien des Schalls, die breit rezipiert wurden. Dazu gehörte eine unter Federführung Kocks entwickelte Technik, die für Lautsprechertests verwendet wurde. Im Rückblick auf ihre gemeinsame Arbeit bei den Bell Laboratories erinnerte sich Harvey später an Kocks faszinierende Demonstrationen von «microwave / sound analogies using his inventions of acoustic lenses, prisms, waveguides, and also devices for the production and manipulation of transverse mode (polarized) sound waves.»[50] Es war nicht nur die Wissenschaft im Laboratorium, sondern auch ihre bildstarke Vermittlung nach aussen, die Kocks Karriere beförderte.

In dem Artikel «Refracting Sound Waves» erklärte Kock 1949 im *JASA* gemeinsam mit Harvey, der auch in den Folgejahren die meisten der Schall-

wellenfotografien produzierte, die Konstruktion der akustischen Linsen, die später auch für die Schallfotografie verwendet und breit publiziert wurde.[51] An den Rändern der mittels dieser Linsen erstellten, unbeschnittenen Archivkopie des Bildes ist ablesbar, dass es sich um eine Mehrfachbelichtung handelt (Abb. 5.08).[52] Für die Aufnahmen wurden ein winziges Mikrofon und eine Neonlampe so durch das Wellenfeld bewegt, dass sich nach einer Belichtungszeit von etwa zehn Minuten Wellen auf dem Negativ abzeichneten, wie die Wissenschaftler neben dem Datum des 14. Juni 1950 auf der Rückseite des Fotoabzugs notierten.[53] Der Text im firmeneigenen *195 Bulletin* der Bell Laboratories gab eine für Ingenieure aller Fachrichtungen nachvollziehbare, detailtreue Beschreibung der Anordnung:

> The microphone used in taking the pictures of sound is about the size of a quarter. It is mounted on the end of an aluminum arm four feet long. Also on the end of the arm is a tiny, 110 volt neon lamp.
> A small loudspeaker radiating a sound wave is directed at one side of the acoustic lens. On the other side of the lens, the metal arm swings up and down, inscribing a three-foot arc through the path of the sound waves as they emerge from the focusing lens. Sound picked up by the microphone is carried to an audio-amplifier. As the sound level varies, the brightness of the neon lamp varies in proportion.
> Viewed in a darkened room, the lamp glows brightly, then fades, then brightens again. As it traces its vertical pattern, it automatically moves horizontally away from the lens. Thus in a ten-minute time exposure, a sizeable area of the focused sound wave pattern may be photographed.[54]

Die Bilder von Harvey und den Schallwellen wurden zum Publikumserfolg: Sie waren Blickfang im *195 Bulletin* wie auch Titelbild der Zeitschrift *Radio-Electronics* und illustrierten 1951 die Bell-Werbung «Wave making – for better telephone service».[55]

Anlässlich einer späteren Publikation des gleichen Phänomens mit einem Telefonhörer als Schallquelle erklärte Kock, wie der Abstand des Mikrofons zum an den Hörer gekoppelten Oszillator das Interferenzmuster des Wellenbilds bestimmt, und beschrieb in der Bildlegende, wie Schall bei 4000 Hertz am gleichförmigsten in alle Richtungen ausstrahlt.[56] Dies war allerdings jedes Mal ein Kunstgriff zugunsten eines schöneren Bildes, denn die Übertragungsrate der bis um 1990 üblichen analogen Telefone beschränkte sich auf Wellenlängen zwischen 300 und 3400 Hertz.

Die generelle Motivation, solche Schallvisualisierungen herzustellen, gab Kock später in seinem in mehrere Sprachen übersetzten Buch *Seeing Sound* preis: *Sehen*, so bekannte Kock hier, heisse auch *glauben*, für Laien genauso wie für Experten. Für Kock stand ausser Frage, dass es sich lohne und gute Gründe gebe, Schallphänomene visuell darzustellen:

> Hier sind einige davon:
> 1. Durch die Aufzeichnung von räumlichen Bildern sich ausbreitender Schallwellen können wir die Wirkung von Beugungs- und Brechungsprozessen beobachten und messen [...].
> 2. Da es auch Schall gibt, der außerhalb unseres Hörbereichs liegt, erfordert dieser eine Darstellungsmethode, um seine Eigenschaften genau zu verstehen.
> 3. Schallereignisse entstehen auch im Ozean, und ihre sichtbare Darstellung hat sich als äußerst nützlich bei ihrer Entdeckung und Erforschung erwiesen.
> 4. Oft verstehen wir mehr von den Eigenschaften komplizierter Schallwellen von Sprache und Musik, wenn uns die Analyse in sichtbarer und nicht in hörbarer Form vorliegt.[57]

**Beraneks Ratings (1962)**

Auf Gefühl und Gehör schien in den modernen Wissenschaften wenig Verlass. Doch die Sinne liessen sich bei den Beurteilungsprozessen nie ganz ignorieren. Schliesslich waren es ja auch Gesundheit, Komfort und Wohlbefinden, deretwegen die Messungen überhaupt durchgeführt wurden. Es ist gerade diese holistische, zugleich objekt- und subjektbezogene Situierung der akustischen Wissenschaften, die sie so faszinierend macht.

Wie bereits kurz angeschnitten, publizierte Leo L. Beranek 1962 in seinem – seitdem mehrfach überarbeiteten – Standardwerk *Music, Acoustics and Architecture* eine Art weltweite Rangliste von Konzert- und Opernsälen. An zunächst 54 Beispielen sammelte Beranek akustische Parameter, von der Nachhallzeit über Intimität, Lebendigkeit, Wärme, Klarheit, Textur, Brillanz bis zur Ausgewogenheit und Vermischung, vom Verhältnis der Lautstärke des direkten zum indirekten Schall bis zur Möglichkeit, einzelne Instrumente aus dem Orchesterklang herauszuhören.

Im selben Jahr hatte seine Firma Bolt, Beranek and Newman (BBN) Schlagzeilen gemacht mit der allseits negativ rezipierten akustischen Gestaltung der Philharmonic Hall im New Yorker Lincoln Center, der zugleich auch die letzten dreissig Seiten von *Music, Acoustics and Architecture* gewidmet





5.09 Surround-Design oder Fehlberechnung? Hörprobe in der Philharmonic Hall, Lincoln Center, New York, mit Leonard Bernstein, John McClure, Leo L. Beranek, Bruno Zirato und Walfredo Toscanini, 1962.

5.10 In den Tests simulierten biegbare Fiberglasmatten die Absorptionsfläche des Publikums. Aufnahme der Philharmonic Hall nach dem akustischen Design von Bolt, Beranek and Newman, kurz vor der Eröffnung am 23. September 1962.

5.11 Beraneks Bewertungsskala für verschiedene Parameter der Klangqualität von Orchesterkonzerten und Opern in der Erstausgabe seines Standardwerks *Music, Acoustics & Architecture* von 1962.

RATING SCALES FOR ORCHESTRAL CONCERTS

INTIMACY
LIVENESS
WARMTH
LOUDNESS OF THE DIRECT SOUND
LOUDNESS OF THE REVERBERANT SOUND
DIFFUSION
BALANCE AND BLEND
ENSEMBLE
OTHER FACTORS

Figure 13.1

472 VALIDATION OF THE NUMERICAL RATING SCALE

RATING SCALES FOR OPERA

INTIMACY
LIVENESS
WARMTH
LOUDNESS OF THE DIRECT SOUND
LOUDNESS OF THE REVERBERANT SOUND
BALANCE AND BLEND
ENSEMBLE
OTHER FACTORS

Figure 13.2

473

sind.[58] Beranek hatte den Konzertsaal in der Überzeugung konzipiert, dass er den physikalisch-akustischen Raum und die physiologisch-auditive Wahrnehmung des Auditoriums rechnerisch-technisch zusammenführen könne. 1962, kurz vor der Eröffnung, hatte er zur Philharmonic Hall dementsprechend geschrieben: «It should play a leading role in advancing the performing arts in a setting that promises to be nothing short of ideal.»[59]

An der Decke hingen zwei Ebenen mit schallreflektierenden Paneelen, vergoldet in der ersten Schicht, tiefblau wie die darüber liegende Decke in der zweiten. Über der Saalmitte waren drei akustisch durchlässige Paneele so eingesetzt, dass der Schall aus den Lautsprechern sie passieren konnte.[60] BBN liess diverse Tests im fertiggestellten Konzertsaal durchführen, um die neuartigen raumakustischen Massnahmen zu überprüfen. Dafür wurden im Saal biegbare Fiberglasmatten von 30 x 40 Zoll (76,20 x 101,60 Zentimeter) mit 1 Zoll (2,54 Zentimeter) Dicke ausgelegt, um das Publikum zu simulieren (Abb. 5.09, 5.10). «These 'instant people' simulated the acoustical absorption of a real audience», erläuterte Beranek den mattengefüllten Zuschauerraum.[61]

Allerdings scheiterte der Versuch der so aufwendigen Vorausberechnung der Raumakustik: Die Eröffnung geriet zum Misserfolg, was derart weite Kreise zog, dass Beraneks bis dahin blühende Karriere vorübergehend einen empfindlichen Dämpfer erhielt. Die *New York Times* publizierte eine spitz formulierte Kritik an der neuen Ästhetik von Musikaufführungen: Das Orchester höre sich selbst schlecht aufgrund der grossen Absorption und die Basstöne fehlten fast gänzlich. Das Kapitel «Opening Night Debacle» fällt in Beraneks Autobiografie dann auch vergleichsweise knapp aus.[62]

Spätere Kritiker sahen dies allerdings anders und verliehen der Philharmonic Hall den Status eines Wendepunkts. Der New Yorker Saal hätte demnach eine neue Ära der Hörgewohnheiten eingeläutet, denn Raumeindrücke mittels technischer Surround-Beschallung seien nur eine Frage neuer Gewohnheiten.[63] Für andere bestätigten sich hier jedoch die Grenzen der berechenbaren Akustik – die eben eine Erfahrungswissenschaft bliebe.[64] Auch in der 1900 eingeweihten, nach Sabines Formel vorausberechneten Boston Symphony Hall reagierten die Zuhörer zunächst befremdet, wie Emily Thompson erzählte.[65] Dieser Vergleich ist allerdings insofern schwierig, als nach 1900 eine Gewöhnung an eine kontrolliere Raumakustik stattfand, während nach dem «Opening Night Debacle» von 1962 umgehend aufwendigste Nachbesserungen unternommen wurden.[66]

Beranek selbst stellte sich in seinem 1962 erstmals aufgelegten Kompendium sowie später in den Überarbeitungen und Neuauflagen nicht nur die Frage, welche Nachhallzeit für eine musikalische oder gesprochene

Darbietung optimal sei, sondern auch, welche Aussagekraft die gemessenen Werte im Vergleich zum subjektiven Höreindruck habe. Die Zufriedenheit der Hörer eruierte Beranek mit eigens durchgeführten Befragungen – erst über persönliche Gespräche, schliesslich für eine spätere Ausgabe seines Buches auch mit Hilfe standardisierter Fragebögen.[67] Die Bandbreite der zusammengetragenen subjektiven Urteile versuchte er im Anschluss, anhand einer Vielzahl von eigenen und aus der Fachliteratur bezogenen raumakustischen Parametern auszuwerten und die numerischen Werte mit den in den Umfragen gesammelten Daten zu korrelieren, eine Vorgehensweise, die sich einreiht in die Bemühungen der Nachkriegszeit, das Erfahrungswissen von Musikern, Dirigenten und Akustikern mit technischer Expertise zu kombinieren.

Zu den in *Music, Acoustics and Architecture* bewerteten 54 Konzert- und Opernsälen aus 16 Ländern erstellte Beranek neben Tabellen mit den Saaldimensionen und der Nachhallzeit auch, wie bereits angesprochen, Skalen für musikalische Qualitäten wie Intimität und Lebendigkeit, die von 1 bis 10 oder auch von 1 bis 4 oder 1 bis 40 – je nach der Gewichtung des jeweiligen Parameters – bewertet wurden (Abb. 5.11).[68]

«The rating system applies primarily to the seats commonly occupied by professional music critics and visiting conductors. After all, the numerical system is correlated with their judgments.»[69] Die anspruchsvolle Beurteilungsmethode der auditiven Erlebnisqualität der Musik bezog sich also auf die mittleren Bereiche des Hauptraums, in gleicher Distanz von der Bühne wie von der Vorderkante des tiefsten Balkons, wo die Musikkritiker meistens ihre Plätze einnehmen.

In einer Fussnote vermerkte Beranek, er gebe die Namen der Säle in den tieferen Rängen seiner Liste für Forschende auf Anfrage bekannt, und erinnerte daran, dass eine öffentlich gemachte Kritik den wirtschaftlichen Erfolg eines Konzertsaals mindern könne. Auch deshalb erfolge diese also rücksichtsvoll anonymisiert:

> Although science might be served by identification of the halls in the comparisons that follow, both art and commerce plead for circumspection. With reluctance, I have not identified the halls by name in the succeeding analyses.[70]

Man wolle doch keinem Musikveranstalter das Geschäft mit der Musik untergraben und auch keinem Kunstfreund den Genuss streitig machen.[71] Dass die mittelmässigen Säle nicht zwingend aus musikalischen Gründen

ihre Liebhaber hätten, kann wohl als konsternierte Feststellung eines akribisch arbeitenden Wissenschaftlers interpretiert werden, der einsehen musste, dass der Erfolg einer Aufführung nicht nur dem Klang gekonnt gespielter Musik in einem sorgfältig geplanten Raum, sondern zuweilen rein gesellschaftlichen Ritualen geschuldet war.[72]

Im internen Kreis verzichtete Beranek auf das Gebot der Verschwiegenheit. So legte er einem Brief an seinen Schweizer Kollegen Willi Furrer vom 10. Januar 1962 eine Aufstellung bei, in der er die Rangierung der 54 Säle in fünf Abstufungen zwischen «A+» und «C+» offenlegte. Im Begleitbrief merkte er an, dass das Ranking grundlegend für die Aussagen in seiner Publikation, aber nicht zur Veröffentlichung bestimmt sei, und stempelte alle fünf Seiten der Liste rot mit «confidential».[73] Die Daten der akustischen Messungen der drei evaluierten Schweizer Säle beruhten dabei auf Untersuchungen Furrers, die dieser 1936, 1937 und 1956 gemacht und 1957 teilweise ergänzt hatte.[74] Beranek, der Furrer bereits ein frühes Manuskript seines Buchs zugesandt und sich für dessen Unterstützung beim Erstellen des Manuskripts verschiedentlich bedankt hatte, fragte wiederum nach Furrers Meinung zur erstellten Rangordnung:

> This rank ordering was derived from the interviews of musicians and music critics. It will not be published for reasons stated in the text of the book. If you have any comments on the list as it finally evolved, I would appreciate hearing them.[75]

Furrer nahm zur Rangliste der Konzert- und Opernsäle keine Stellung, ebenso wenig die anderen Fachkollegen, die nach Beraneks Erinnerungen die Bewertungen weder positiv noch negativ kritisiert hätten.[76]

Beraneks im Brief von 1962 als vertraulich markierte Liste wurde von den besten sechs Konzertsälen der Kategorie A+ angeführt: der Boston Symphony Hall (bei der Wallace C. Sabine akustischer Berater gewesen war), der Tanglewood Music Shed in Lenox, Massachusetts (bei dem die Firma Bolt, Beranek and Newman soeben eine akustische Verbesserung vorgenommen hatte), dem Teatro Colón in Buenos Aires, dem Großen Musikvereinssaal in Wien, dem Concertgebouw in Amsterdam und dem Basler Stadt-Casino. In der A-Kategorie war die Schweiz zusätzlich mit der Salle Musica in La Chaux-de-Fonds und dem Grossen Tonhallesaal in Zürich überdurchschnittlich vertreten.

Der Grosse Tonhallesaal mit seinen tiefen seitlichen Galerien und mit der kürzeren Nachhalldauer von 1,6 Sekunden schnitt dabei nicht ganz so

gut ab wie das Basler Stadt-Casino mit seinen 1,7 Sekunden Nachhalldauer – ein Urteil, das auch in Beraneks subjektiver Wertung bestätigt wurde:

> My one musical experience with this hall was very pleasant. [...] The bass was not as satisfactory in the main floor as in the galleries, undoubtedly owing to the thin wood on the lower side walls. [...] All in all, it is a very good hall.[77]

Ausser dem Kundtun seiner persönlichen, äusserst positiven akustischen Erfahrung nahm Beranek das Expertenurteil verschiedener Dirigenten in sein Rating auf. Drei befanden den Grossen Tonhallesaal für «excellent», der vierte war ein Liebhaber moderner Musik, wie Beranek betonte, und meinte: «This hall is not so good and not so bad. It is sort of in between.»[78] Im breiten Spektrum der zitierten Beurteilungen zeigt sich, dass die subjektive Hörerfahrung und der unterschiedlich geformte musikalische Geschmack der Befragten jeden standardisierten Vergleich der verschiedenen Architekturen in Zweifel ziehen. Nur folgerichtig legte Beranek selbst schon in der ersten Ausgabe offen, dass seine eigene Empfindung in die Bewertung eingeflossen war, und nahm in den Folgeausgaben expliziter Stellung zu seiner eigensinnigen Methode.

Obwohl er sich der Unvollständigkeit seiner Datenerhebung, vor allem in den Befragungen, und der Schwierigkeit, quantitative und qualitative Beurteilungen miteinander zu verbinden, bewusst war, gab Beranek sein Projekt einer Rangliste für die akustisch weltbesten Säle nie auf. An dieser interdisziplinären Beurteilung interessiert dabei vielleicht die gewagte Zusammenführung quantifizierter Parameter der Saalakustik mit den in den Befragungen ermittelten Höreindrücken mehr als die Rangliste selbst.

Im Jahr 1996 – im Alter von 84 Jahren – gab Beranek eine Überarbeitung seines Klassikers von 1962 unter dem neuen Titel *Concert and Opera Halls. How They Sound* heraus, in der er nun bereits 76 Konzertsäle mittels Interviews und Messungen evaluierte und unter Verzicht auf die einstige Diskretion die offen beim Namen genannten Institutionen in Kategorien, diesmal in sechs Abstufungen von A+ bis C, einordnete.[79]

In der Ausgabe des Kompendiums von 2004 gab es schliesslich keine Kategorien mehr, sondern nur noch eine unterdessen einhundert Säle umfassende Rangliste, die Beranek bereits im Jahr 2003 in einer Fachzeitschrift veröffentlicht hatte.[80] Auf den ersten drei Plätzen lagen, wie schon 1962, der Große Musikvereinssaal in Wien, die Boston Symphony Hall und das Teatro Colón in Buenos Aires, diesmal gefolgt vom Berliner Schau-

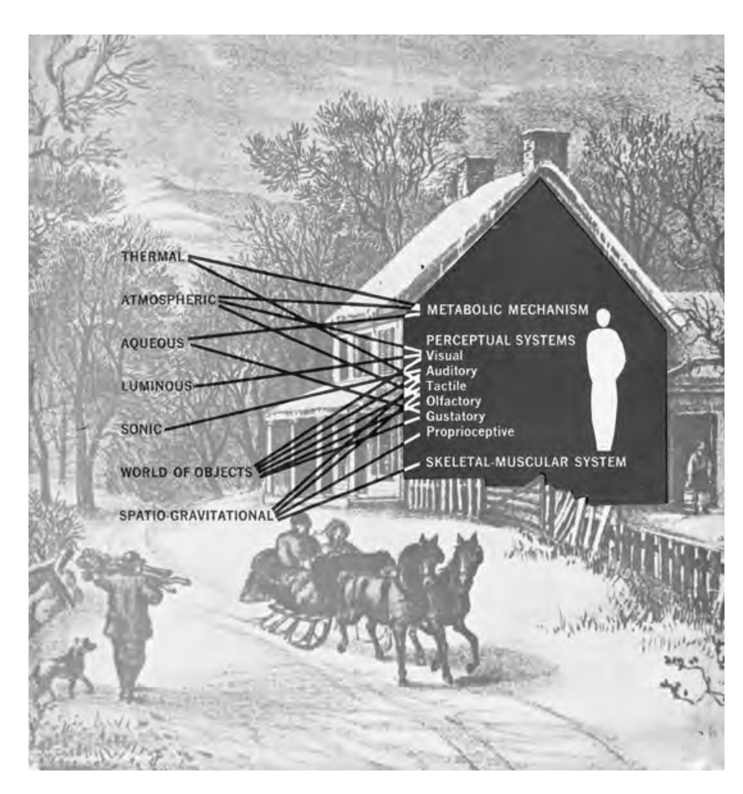
spielhaus, an das wiederum das Amsterdamer Concertgebouw auf dem fünften Platz anschloss. Der Zürcher Tonhallesaal erreichte Platz 7, das Basler Stadt-Casino nur noch Platz 9 (in der Ausgabe von 1996 fanden sich beide in der Kategorie A).

Wie stark die objektivierte, automatisierte physikalische Schallmessung und die nur teilweise vorhandenen psychophysiologischen Erklärungen der Hörwahrnehmung zuweilen auseinanderklafften, zeigt sich in vielen Dokumenten aus der Nachkriegszeit. Den schwankenden Glauben – einmal an die moderne Akustik und ihre Formeln und dann doch wieder an das Erfahrungswissen aus bewährten Bauformen – offenbart beispielsweise auch ein Blick in die beiden Ausgaben des Übersichtswerks *American Building* des amerikanischen Architekten James Marston Fitch (1909–2000) aus den Jahren 1948 (hier mit dem Untertitel *The Forces That Shape It*) und 1972 (mit der leichten, aber nicht unwesentlichen Untertitelerweiterung zu *The Environmental Forces That Shape It*).

In der Erstausgabe von 1948 stellte Fitch die Schallisolation und -kontrolle noch als Errungenschaft dar: Der Abschnitt «Buildings as Sonic Instruments» im Kapitel «Silence – Men at Work: Control of the Sonic Environment» fusste auf der Überzeugung, dass durch technische Massnahmen jede wünschbare Umgebung reproduzierbar sei.[81] Während Fitch hier noch zu glauben schien, dass die Raumakustik durch die objektivierenden Methoden der akustischen Wissenschaften kontrollierbar geworden sei, plädierte er in der zweiten, überarbeiteten und erweiterten Auflage von 1972 für eine Rückbesinnung auf das Erfahrungswissen (Abb. 5.12). So wurde in der Überarbeitung die einst als erstrebenswert präsentierte Kontrolle in einen ganz anderen Kontext gestellt. Der nun «The Communication Role of Buildings» betitelte Abschnitt des Kapitels «Silence – Men at Work: Control of the Sonic Environment» beschreibt in diesem zweiten Anlauf eine Rückbesinnung auf empirische Techniken in der jahrhundertealten Tradition akustischer Gestaltungen und das daraus gewachsene «equilibrium between sonic form and acoustical container».[82]

Nach prominenten Fehlkalkulationen wie im Fall der Philharmonic Hall durch BBN erlebte dieses implizite «stille Wissen» («tacit knowledge») eine neue Wertschätzung in den akustischen Wissenschaften:

> Electronic technology has quite truncated this long empirical tradition. The modern architect now has at his disposal the theoretical tool of mathematical acoustics and the extraordinary audiovisual equipment of electronic technology. Unfortunately, it has not follo-




**5.12 Bauphysikalische Aspekte der Architektur als «metabolische Mechanismen» auf dem Umschlag der zweiten Auflage von James Marston Fitchs *American Building* von 1972 mit dem erweiterten Untertitel *The Environmental Forces That Shape It*.**

> wed that his new buildings are better instruments of communication. On the contrary, we find a disappointing record of acoustical malfunction in some of our most prestigious theaters, lecture halls and churches. All of which suggests that architects should master the lessons of preindustrial practice before dumping them in the trash bin of history.[83]

Fitchs wiederentdeckte Wertschätzung des historischen Fundus architektonischer Typen ging einher mit einer gedämpften Technik- und Fortschrittsgläubigkeit. Das Mikrofon bezeichnet er als elektronisches Ohr und den Verstärker als Behälter für die elektronische Stimme.[84] Anders als Giedion in den Debatten um den Völkerbundsaal wertete Fitch nicht. Beide Techniken, die traditionellen architektonischen und die modernen elektrotechnischen, waren für ihn lediglich Erscheinungsformen der architektonischen Gestaltung, um die Schallenergie zu verteilen, so wie es eben auch schon immer Aufgabe der Architektur hätte sein sollen, Kommunikation und Verständigung zu garantieren. Die moderne Wissenschaft gab dem Erfahrungswissen und der Wahrnehmung wieder eine eigene Gültigkeit und einen Spielraum und machte sie so zum Teil der Wissenschaft.

Versuche, sich neues Wissen anzueignen, so Hans-Jörg Rheinberger, führen immer wieder zur Bestätigung des bereits Erkannten, denn die

Versuchsanordnung lasse keine anderen Ergebnisse zu: «Die technischen Bedingungen bestimmen den Raum und die Reichweite der Repräsentation» und machen «stabilisierte epistemische Dinge […] zu konstituierenden Teilen der Experimentalanordnung».[85]

# Umweltgestaltung an der Lautsphäre

> Geräuschmassen, Lärmberge oder Tonsümpfe. Als Kontrast: Geräuschrouten, auf denen der Ton schnell oder langsam, sprungweise oder verbreitet läuft. Ein unbeschreiblicher Lärm, eine der Stille nahe, unendliche Ruhe, die Stille selber.[86]
>
> Le Corbusier, «Das elektronische Gedicht», 1958

Drinnen wie draussen waren Lautsphären in der Nachkriegszeit zunehmend technisch kontrollierbar, elektronisch steuerbar und räumlich gestaltbar geworden: Geräuschkulissen grosser Hallen, kleiner Kammern, von Strassenkorridoren, Konzertsälen oder Hafenanlagen konnten elektrotechnisch in Laboratorien wie Wohnzimmern simuliert werden. In alltäglichen Wohn- und Arbeitswelten, in Landschaftsstrichen und Stadträumen breitete sich eine neue Art der Sensibilität für die Umwelt aus und floss dann wiederum in die Gestaltung von Innenwelten ein.

Als Le Corbusier, sein Mitarbeiter Iannis Xenakis und die Ingenieure von Philips ab 1956 einen Pavillon für die Weltausstellung in Brüssel entwickelten, war ihr Ziel eine Synthese von Technik und Wahrnehmung. Die Töne wanderten durch den Raum, sie waren überall und nirgends zugleich. Architekten und Planer entdeckten so die eigene Wahrnehmung, auch die akustische, als Methode und Instrumentarium der Gestaltung. Unterstützt wurde dieses Interesse auch durch die Entwicklungen in den Geistes- und Sozial- wie auch in den Naturwissenschaften, beispielsweise der Gestalttheorie und der im Entstehen begriffenen Umweltpsychologie, welche die menschlichen Empfindungen zu erklären versuchten.

Während Ende der 1960er Jahre weltweit Akustiker in den Laboratorien das räumliche Hören erforschten, stellten sich zur gleichen Zeit Architekten, Philosophen, Soziologen, Musiker und Umweltpsychologen neue Fragen zur Gestalt der Stadt- und Strassenräume. Für die Wissenschaften war es, wie viele der Beispiele in diesem Buch bereits gezeigt haben, schwierig, der Wahrnehmung einen angemessenen Status zu verleihen – war sie im Zuge wissenschaftlicher Objektivierung doch einst für ungültig erklärt worden. Mit den neuen Versuchen, die akustische Umwelt aufzuzeichnen, wurde die Disziplin der Akustik gleichwohl noch interdisziplinärer, als sie es bei ihrer Initialzündung im Jahr 1929 gewesen war. Mit Hilfe der Umweltpsychologie rückten Akustik und Architektur noch näher zusammen.

**Lärmberge als «positive» und «negative» Akustik (1956–1958)**

Eine Hochleistungsperformance einer immersiven, elektronisch gesteuerten Umgebung – als Synthese von Elektroakustik und Psychophysik – hatte sich der Elektronikkonzern Philips zum Ziel gesetzt, als es darum ging, für die Weltausstellung von 1958 in Brüssel (die erste seit dem Zweiten Weltkrieg) einen Auftritt zu planen. Der holländische Industriedesigner Louis C. Kalff (1897–1976), damals künstlerischer Direktor des Konzerns mit weltweit über 200 000 Mitarbeitern, schrieb im Vorwort des in drei Sprachen herausgegebenen Ausstellungskatalogs *Das elektronische Gedicht* (*Le poème électronique / The Electronic Poem*), «man wolle also keine technische Leistung zeigen, sondern eine künstlerische», um dann «mit Hilfe technischer Produkte neue Ausdrucksmittel zu schaffen, Empfindungen hervorzurufen».[87]

Kalff hatte sich im Januar 1956 mit einem der bekanntesten Architekten seiner Generation, dem fast siebzigjährigen Le Corbusier getroffen, um ihn für das Projekt anzufragen. Dieser nahm den Auftrag nicht nur an, sondern bestimmte auch (anders als von Philips vorgesehen) die weiteren an der Gestaltung des Pavillons zu beteiligenden Künstler. So nannte er den Namen des noch älteren, über siebzigjährigen Komponisten Edgar Varèse (1883–1965). Das Projekt wurde durchgehend hochkarätig besetzt: Innerhalb der Firma Philips mobilisierte man die fähigsten Leute, darunter die Akustikexperten Willem Tak und Anton Buczynski. Auch im Atelier von Le Corbusier wurde mit Iannis Xenakis (1922–2001) einer der besten Mitarbeiter engagiert, der für die komplexesten Geometrien eine mathematische Beschreibung fand.[88]

Wie Marc Treib in der ersten umfassenden Recherche zum Philips-Pavillon aufzeigte, demonstrierte Le Corbusiers Pavillon für die Weltausstellung von 1958, dass Architektur nicht nur Schallreflektor sein kann, sondern dank der über die Wände verteilten Lautsprecher auch Schallquelle (Abb. 5.13–5.20).[89] Das Ziel war nicht (nur) eine Raumskulptur, es ging um «volumetrische Musik», wie Le Corbusier das Brüsseler Gesamtkunstwerk nannte.[90] Der Auftrag für die Weltausstellung umfasste zwar nur einen

5.13 Lichtatmosphären im äussersten, Filmsequenzen im mittleren und ausgestanzte Projektionen («tri-trous») im innersten Ring: Eine frühe Skizze von Le Corbusiers Drehbuch für die sieben Segmente des *Elektronischen Gedichts* für die Brüsseler Weltausstellung, Oktober 1957.

5.14 Iannis Xenakis' Diagramm der Geräuschrouten («routes sonores») durch Hunderte von Lautsprechern, die auf den Innenflächen der Betonschalen das Publikum der Weltausstellung im Philips-Pavillon umkreisten. Zeichnung von 1957 aus dem Xenakis-Familienarchiv.

5.15 Montage der Lautsprecher über den möglichst ebenen Innenwänden aus gespachteltem Asbestzement. Aufnahme von 1958 aus dem Philips Company Archive.


Poème électronique Philips
le 27 octobre 57


B
E
D
K
L
A
M
G
H
des éclairs de sons

temporären Ausstellungspavillon. Dessen Strahlkraft wie auch die darauf gerichtete mediale Aufmerksamkeit allerdings stand dem wenige Jahre zuvor vollendeten Wohnhochhaus der Unité d'habitation in Marseille und der Grossbaustelle für Chandigarh, der neuen Hauptstadt des indischen Teils des Punjab nach der Teilung von Britisch-Indien in die unabhängigen Staaten Indien und Pakistan, für welche Le Corbusier und sein Cousin die Regierungs- und Wohnquartiere planten, in kaum etwas nach. Der Philips-Pavillon wurde am 22. April 1958 der Presse, dann am 2. Mai der Öffentlichkeit präsentiert, anschliessend vorübergehend für Nachbesserungen geschlossen und während der Dauer der Weltausstellung für 2 Millionen Besuchern zum Erlebnis und zum «modernen Albtraum».[91]

Von aussen betrachtet führte der Pavillon mit seiner einprägsamen Form vor, wie mit nur fünf Millimeter starkem Spannbeton eine skulpturale Grossform gebaut werden konnte, die schliesslich zur ikonischen Figur der Weltausstellung wurde. Im Inneren waren Bildprojektoren, farbige Scheinwerfer und eine enorme Anzahl Lautsprecher für die projektierten «Geräuschrouten» installiert. Varèse hatte sich ursprünglich 425 Lautsprecher gewünscht, Le Corbusier schreibt im Katalog von 400 Stück, der technische Beschrieb nannte 350.[92] Von «etwa 300 Lautsprechern» ist in einem Brief von Xenakis an Varèse vom Juni 1957 die Rede.[93] Die unterschiedlichen Angaben lassen vermuten, dass die Zahl im Laufe der Planungen reduziert wurde.

Über diese nach wie vor enorme Menge an Lautsprechern liessen sich die akustischen Signale schliesslich so verteilen, dass sie über verschiedenste Geräuschrouten wanderten und so einen räumlichen Eindruck, geradezu eine virtuelle Geräuschkulisse kreierten – was später mit noch grösseren Zahlen von Lautsprechern, aber auch mit ganz anderen Methoden fortgeführt wurde. Auf der Weltausstellung im japanischen Osaka 1970 beispielsweise liess der Komponist Karlheinz Stockhausen (1928–2007) von seinem Architekten Fritz Bornemann (1912–2007) im dortigen Kugelauditorium, dem deutschen Pavillon, fast 1000 Lautsprecher positionieren.[94]

Drei Jahrzehnte, nachdem Le Corbusiers Projekt beim Wettbewerb für den Völkerbundpalast ein «Hörrohr», nur verstärkt durch die Architektur selbst, sein sollte, verliessen sich Architekten wie Ingenieure bei der Konzeption des Philips-Pavillons ganz auf die Möglichkeiten der Elektrotechnik. Die Töne aus den Lautsprechern auf den Innenwänden der hyperbolisch-paraboloiden Betonschale waren eine formbare Masse, aus denen in einem Moment «[e]in unbeschreiblicher Lärm», im nächsten «eine der Stille nahe, unendliche Ruhe, die Stille selber» erklang.[95] Während auf die Betonfläche die achtminütige Multimediashow des *Poème électronique* proji-



5.16, 5.17 In der hyperbolisch-paraboloiden Figur des Pavillons demonstrierte Philips in einer Art Hochleistungsperformance die Möglichkeiten der audiovisuellen Techniken. Aufnahmen vom 22. April 1958, dem Tag der Eröffnung für die Presse, aus dem Archiv der Fondation Le Corbusier.



ziert wurde, bildete die gleichnamige Komposition von Edgar Varèse akustische Topografien. Die Bild- und Tonspur während des exakt 480 Sekunden andauernden Spektakels liefen allerdings in weitgehend zufälligem Zusammenspiel ab, eine Konsequenz daraus, dass Le Corbusier und Varèse ihre Sequenzen nicht einmal an der einzigen überhaupt vorgesehenen Stelle – Le Corbusier hatte sich genau in der Mitte einen Moment plötzlicher totaler Ruhe gewünscht – aufeinander abgestimmt hatten.[96]

Xenakis zeichnete nicht nur verantwortlich für die geometrische Ausformung des hyperbolischen Paraboloids des Pavillons, er entwarf auch das

Tonbandstück *Concret PH*, das während der Besucherwechsel eingespielt wurde. Seine Mitte der 1950er Jahre entstandenen Kompositionen *Métastasis* und *Pithoprakta*, beide für Orchester mit 61 Instrumenten, hatten Xenakis bereits einen Namen in der Musikwelt verschafft. Die Forschung ist sich dabei weitgehend darin einig, dass Iannis Xenakis die Autorschaft für den Philips-Pavillon zu grossen Teilen für sich beanspruchen kann. Xenakis schreibt selbst, Le Corbusiers anfängliche Skizze gleiche eher einem Kuhmagen und erst er habe diese Form in die finale Geometrie überführt.[97]

Le Corbusier wiederum erklärt die Genese des elektronisch gesteuerten Gesamtkunstwerks in der Begleitpublikation zum *Elektronischen Gedicht* wie folgt:

> Während ich sonntags meinen Hund im Bois-de-Boulougne spazierenführte und während meiner vielen Reisen versuchte ich mich in mein Gedicht zu vertiefen. Nach und nach erst tauchten Begriffe, wie Licht, Farbe, Rhythmus, Ton und Bild vor mir auf.
> Wie beispielsweise: Kontrast zwischen Tag und Nacht und alle Nuancen der «Dämmerung», «Stimmungen», die fünfhundert Besucher fesseln und ihnen psychophysiologische Eindrü[c]ke vermitteln werden: rot, schwarz, gelb, grün, blau und weiss. Evokationsmöglichkeiten: Morgenröte, Brand, Gewitter. Zeitmessung: Rhythmus, Elegie und Katastrophen. Erfindung Varése's [sic] mit Hilfe des Philips-Akustikers Herrn Tak: eine stereophonische Musik, die eine statische Räumlichkeit erweckt oder Bewegung in ihr mit der notwendigen Anzahl Lautsprecher (insgesamt werden vierhundert die Zuschauer umgeben). Geräuschmassen, Lärmberge oder Tonsümpfe. Als Kontrast: Geräuschrouten, auf denen der Ton schnell oder langsam, sprungweise oder verbreitet läuft. Ein unbeschreiblicher Lärm, eine der Stille nahe, unendliche Ruhe, die Stille selber.[98]

Auf die vielfältigen Themen, die Le Corbusier hier berührt, ist die umfangreiche Literatur zu diesem ikonischen Bauwerk zu grossen Teilen schon eingegangen. Im Zusammenhang der vorliegenden Untersuchung interessiert besonders die Erwähnung des Spaziergangs und der Reisen, während derer er das *Elektronische Gedicht* konzipiert haben will.

Den schauenden und hörenden Besuchern der Weltausstellung in Brüssel 1958 sollten, so Le Corbusier, «psychophysiologische Eindrü[c]ke vermittel[t] werden», «Geräuschmassen, Lärmberge oder Tonsümpfe», eine Bilderflut von Schwarz-Weiss-Fotografien und farbigem Licht – Eindrücke



5.18, 5.19 Elektroakustik, Scheinwerfertechnik und Psychophysik: In der von Le Corbusier choreografierten, 480 Sekunden langen Sequenz sollten beim Publikum psychophysiologische Eindrücke geprägt werden. Bilddokumentation aus den Philips Company Archives.



mithin, die inspiriert waren von der Welt, die Le Corbusier auf einem Spaziergang mit seinem Hund und auf Reisen selbst erfahren hatte. Im hohen Alter von siebzig Jahren suchte er offenbar, anders als zu Beginn seiner Karriere, nicht mehr, seine Entwürfe mit wissenschaftlichen Erklärungen zu rechtfertigen, wie sie ihm beispielsweise Gustave Lyon in den 1920er Jahren geboten hatte. Vielmehr war es die subjektive Wahrnehmung, die zur Referenz wurde.

Das *Elektronische Gedicht* war multimedial inszeniert und multisensorisch erfahrbar. Die im Zuge des Aufkommens der Sound Studies Mitte der 2000er Jahre an mehreren Universitäten erstellten Simulationen des *Elek-*

*tronischen Gedichts* verdeutlichen die seinerzeitige Intensität der Auseinandersetzung mit dem Thema Wahrnehmung.[99] Aus heutiger Sicht wirkt das Spektakel sehr roh, wie ein riesiger Laborversuch mit 500 Zuhörern und Zuschauern, deren Apperzeption wohl aufgezeichnet worden wäre, hätte die Wissenschaft die entsprechenden Instrumente schon zur Hand gehabt. Die Mitarbeiterzeitschrift *Wir bei Philips* schrieb damals:

> Das Mysterium des Philips-Pavillons beginnt in der Sekunde, in der ein junger Mann am Regiepult der Kommandozentrale auf einen unscheinbaren Knopf drückt und sich der hohe, asymmetrisch geformte Raum verwandelt: leuchtendes Rot flammt auf, ein zugleich zischendes und klirrendes Geräusch wird hörbar und wieder abgelöst von seltsamem Heulen und Pfeifen, das von allen Wänden gleichermaßen auszugehen scheint. Und während der Besucher urplötzlich von tosendem Lärm umgeben ist, setzen überdimensionale Bilderfolgen ein. Ein lodernder Feuerball wird sichtbar, inmitten von einem Gewirr sich ständig in Form und Tönung verändernder Farbflecken. Teils umgeben, teils überdeckt, tauchen bizarr geformte Lebewesen auf und Ungeheuer wachsen ins Riesenhafte – in sekundenschnellem Bildwechsel erlebt der Besucher das Werden der Welt und ihm offenbart sich das unergründliche Formenspiel der Natur. All dies wird von sphärenhaften Klängen und makabren Geräuschen untermalt, von Geräuschen, die bald dem Schrei eines hungrigen Raubtieres, bald dem Zwitschern eines dahin flatternden kleinen Vogels bald dem Klappern eines Holzinstrumentes ähnlich sind – alles in einer einzigen Minute […].[100]

Was diese Ausstellungsarchitektur von Philips 1958 in Brüssel inszenierte, war die Entwicklung der Menschheit und die Metamorphosen der Umwelt. Jahrtausende wurden in Sekunden und Kontinente in wenige Quadratmeter komprimiert. Die Synthese aus Technik und Wahrnehmung, wie sie Le Corbusier und seine zahlreichen Mitstreiter so virtuos zu einem elektronischen Gesamtkunstwerk verdichtet hatten, war aus wissenschaftlicher Sicht gleichwohl noch ein grosses Rätsel.

### «Explorations» der Hörwahrnehmung (1953–1960)

Im gesamten 20. Jahrhundert war der Stadtlärm ein Dauerbrenner-Thema. Die Erklärungsmodelle allerdings veränderten sich im Laufe der Jahre grundsätzlich. Während zu Beginn des 20. Jahrhunderts Julia Barnett Rices Zäh-

lung der Schiffshupen in New York oder Theodor Lessings *Antirüpel* und sein Antilärmverein in Hannover vorwiegend auf moralische Kampagnen gesetzt hatten, waren die Lärmkampagnen in der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg von wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Argumentationen und Debatten geprägt. Mangels wissenschaftlicher Grundlagen aber liefen die Beweisführungen etwa der 1950er Jahre im gesamten Spektrum der mit Lärm befassten Forschung auf subjektive Perspektiven hinaus.

Akustiker, Arbeitsmediziner und Ingenieure zerbrachen sich weltweit den Kopf, wie sie die gemessenen Dezibelwerte und die empfundenen Belästigungen und Störungen unter einen Hut bringen konnten. Symptomatisch für das veränderte gesellschaftliche Umfeld der Lärmproblematisierung ist zum Beispiel der Gründungsimpuls der «Schweizerischen Liga gegen den Lärm» im Jahr 1956 – demselben Jahr also, in dem die Planungen für den Philips-Pavillon begannen.[101] Die Gründer, hauptsächlich Juristen, beriefen sich in ihrem Kampf scheinbar sachlich auf Dezibelwerte und das allgemeine Ruhebedürfnis. Ein genauerer Blick zeigt jedoch, dass es schlussendlich insbesondere die persönliche Betroffenheit dieser Akteure war, welche massgeblich zur Vereinsgründung führte. Ein eskalierender Streit um Baustellenlärm in der Zürcher Innenstadt, direkt vor der Haustür eines der Anwälte, lieferte die Initialzündung.[102]

Die Rolle der Psychologie in der Akustik, der Lärmbekämpfung und der Umweltbewegung war allerdings eine diffizile. Dies machen auch die Erläuterungen der 1957 einberufenen Schweizer Expertenkommission in ihrem (in diesem Buch im Zusammenhang mit der Normierung besprochenen) Bericht zur *Lärmbekämpfung in der Schweiz* deutlich. Dort benannte die arbeitsmedizinische Unterkommission zwar in akademischer Umsicht fünf mögliche Lärmwirkungen: «Belästigung [...], Störung von Schlaf und Ruhe [...], Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit [...], Überreizung des vegetativen Nervensystems und ihre Folgen an verschiedenen Körperorganen [...], Gehörschädigungen».[103] Indes wussten die Experten allesamt, dass es von Person zu Person grosse Unterschiede gibt, was die Sensibilität gegenüber Lärm angeht. Ob ein Geräusch gefällt oder als Störung wahrgenommen wird, hängt von zahlreichen, kaum zusammenzuführenden Faktoren ab. Wie bereits erwähnt, schrieb die Expertengruppe zum Problem der maximal zulässigen Dosis der Lärmbelastung schliesslich etwas ratlos: «Es ist wohl überhaupt nicht möglich, ein allgemein gültiges Kriterium zu finden.»[104]

Die Wahrnehmung, auch jene des Lärms, war in vielerlei Hinsicht nicht mit Verallgemeinerungen erklärbar. Ohne einen Horizont wissenschaftlicher Grundlagen, aber unter grossem politischem Druck wurde noch vor



**PHOTOGRAPHY** was the mechanization of the perspective painting and of the arrested eye; it broke the barriers of the nationalist, vernacular space created by printing. Printing upset the balance of oral and written speech; photography upset the balance of ear and eye.

**TELEPHONE, PHONOGRAPH** and **RADIO** are the mechanization of post-literate acoustic space. Radio returns us to the dark of the mind, to the invasions from Mars and Orson Welles; it mechanizes the well of loneliness that is acoustic space: the human heart-throb put on a PA system provides a well of loneliness in which anyone can drown.

By surpassing writing, we have regained our sensorial WHOLENESS, not on a national or cultural plane, but on a cosmic plane. We have evoked a super-civilized sub-primitive man.

NOBODY yet knows the languages inherent in the new technological culture; we are all technological idiots in terms of the new situation. Our most impressive words and thoughts betray us by referring to the previously existent, not to the present.

**Movies and TV** complete the cycle of mechanization of the human sensorium. With the omnipresent ear and moving eye, we have abolished the dynamics of Western civilization.

WE ARE BACK IN ACOUSTIC SPACE WE ARE BACK IN ACOUSTIC SPACE

We begin again to structure the primordial feelings and emotions from which 3000 years of literacy divorced us. We begin again to live a myth.

**5.20 Mediale Vernetzung und Einsamkeit: In der vom Grafiker Harley Parker gestalteten Buchpublikation *Counterblast* von 1969 nahm Marshall McLuhan die Textstelle zur Telekommunikation als «mechanization of postliterate acoustic space» wieder auf.**

Abschluss des Berichts der Expertenkommission zum 1. Januar 1961 an der Empa in Dübendorf unter der Leitung des Akustikers Anselm Lauber die «Abteilung für Akustik und Lärmbekämpfung» als «Forschungs-, Prüf- und Beratungsstelle» ins Leben gerufen. Der Zusatz «Lärmbekämpfung» wurde dem Abteilungsnamen dabei im letzten Moment aus «sachlichen und auch psychologischen Gründen» angehängt.[105] Ab 1960 schien vor allem das Lärmproblem die akustische Forschung überhaupt zu legitimieren, der Lärm wurde geradezu zum Zugpferd der Disziplin. So verwundert es wenig, dass beispielsweise auch Willi Furrers Standardwerk *Raum- und Bauakustik für Architekten* in späteren Auflagen im Titel um «Lärmbekämpfung» ergänzt wurde.[106]

Parallel zu den Entwicklungen in den Umwelt- und Naturwissenschaften wurde die Hörwahrnehmung auch in der Architektur- und Medientheorie zum Untersuchungsgegenstand. An der Universität in Toronto etwa beschäftigte man sich im Rahmen der zwischen 1953 und 1955 von der Ford Foundation gesponserten Seminarreihe «Culture and Communications» unter anderem mit dem – vom Kommunikationstheoretiker Marshall McLuhan (1911–1980) so umschriebenen – «Character of Acoustic Space as reconstituted by the mechanization of sound».[107] Die Auswirkungen der Verbreitung

von Klangreproduktion und Telekommunikation schilderte der an dem Projekt massgeblich beteiligte McLuhan in einem Brief an seinen engen Freund Wyndham Lewis (1882–1957) seinerzeit wie folgt:

> Acoustic Space is spherical. It is without bounds or vanishing points. It is structured by pitch separation and kinesthesia. It is not a container. It is not hollowed out. It is the space in which men live before the invention of writing – that translation of the acoustic into the visual. With writing men began to trust their eyes and to structure space visually. Pre-literate man does not trust his eyes very much. The magic is in sound for him, with its power to evoke the absent.[108]

Aus dem Seminar ging schliesslich die von dem Ethnologen Edmund (Ted) Snow Carpenter (1922–2011) und weiteren wechselnden Mitarbeitern (W. T. Easterbrook, Marshall McLuhan, Jacqueline Tyrwhitt und D. Carlton Williams) herausgegebene Zeitschrift *Explorations* hervor.[109] Eben hier erschien 1955, in der vierten Ausgabe, ein Text des Psychologen D. Carlton Williams (1912–1994) mit dem Titel «Acoustic Space», der in verschiedenen Passagen an McLuhans Brief erinnert, wobei der «auditory space» an dieser Stelle vor allem aus Sicht der Psychophysiologie diskutiert wurde.[110]

Mit identischen ersten Abschnitten und unter dem gleichen Titel publizierten Carpenter und McLuhan den Text 1960 ein weiteres Mal in der Anthologie *Explorations in Communication*, gewissermassen in einer revidierten Version.[111] Auch wenn Williams bei der 1960 veröffentlichten Fassung des Aufsatzes «Acoustic Space» nicht einmal mehr als Co-Autor zeichnete, so hatten seine aus psychologischer Sicht vorgebrachten Überlegungen doch erkennbare Spuren hinterlassen.[112] Viele Gedanken von Williams wurden ganz oder gekürzt wiederholt. Mit der Vermessung der Wahrnehmung nahmen die beiden es allerdings gesamthaft weniger genau. Beispielsweise wurde Williams' Formulierung «that it be located at a point» bei Carpenter und McLuhan ganz allgemein zu «its location»:

> The essential feature of sound, however, is not its location, but that it be, that it fill space. We say «the night shall be filled with music,» just as the air is filled with fragrance; locality is irrelevant.[113]

In die Fassung von 1960 flossen indes auch Carpenters eigene Forschungen zum Raumverständnis der indigenen Kulturen im kanadischen Norden ein, die bereits im Zentrum seiner Studie *Eskimo* von 1959 stand.[114] In einer

1973 veröffentlichten Neuausgabe von *Eskimo* beschrieb Carpenter zudem (nach den Kapiteln zu «Perspective», «Verticality» und «Flat Surface») im neu ergänzten Kapitel «Acoustic Space» den Raumbegriff der Volksgruppe der Aivilik als über das Hören definiert. Kein Aivilik habe ihm je einen Raum visuell beschrieben, hielt Carpenter fest. Wir selbst, so heisst es hier, würden sehend nachprüfen, was wir hören, während die indigenen Völker Kanadas hörend überprüfen, was sie sehen.[115]

Über Carpenter und McLuhan wurde schon viel geschrieben, wichtig im Zusammenhang dieser Untersuchung ist die prägende Rolle und dann schliesslich die schwierige Integration der Konzepte der Psychologie in die Erklärungen des akustischen Raums, in der Medientheorie genauso wie in der Architekturtheorie. Die technische Präzision, vor allem in der Raumakustik und der Telekommunikation der Nachkriegszeit, fand in der Bestimmung der Wahrnehmungsvorgänge noch keine Entsprechung.

Auch Sigfried Giedion steuerte einen Beitrag zur Anthologie *Explorations in Communication* bei, und auch er befasste sich eingehend mit Fragen der Psychologie und Wahrnehmung. Im Begleitbrief zur zweiten Fassung seines Manuskripts «Space Conception in Prehistoric Art», das er im Vorfeld auch beim Herausgeber des *Architectural Forum* eingereicht hatte, kündigte er «a small insert for the indicated position on the attitude of the psychologists towards space» an. Anders als Carpenters Eiswüste war der Ausgangspunkt von Giedions Raumtheorie der «hollowed out space». Seine Rückführung der Architekturgeschichte in die Räume der Dunkelheit stützte sich auf die massgebliche Rolle des Gehörs in der räumlichen Orientierung.[116]

Die 1960 in der Anthologie *Explorations in Communication* versammelten Beiträge behandelten verschiedene Sinne, sie befassten sich mit Tasten, Hören und Sehen, Sprache, Kommunikation und Bewegung, und dies in offenen wie geschlossenen Räumen. Auf die Weite der Eiswüste in Carpenter und McLuhans «Acoustic Space» folgte die Höhle als paradigmatischer Raum der «Space Conception in Prehistoric Art» von Giedion. McLuhan liess es sich dabei nicht nehmen, den ersten und den letzten Text selbst zu verfassen. Auf der letzten Buchseite führte er die Leser in einen akustischen Ur-Raum, der erst durch die Telekommunikation möglich geworden war:

> Telephone, gramophone, and RADIO are the mechanization of postliterate acoustic space. Radio returns us to the dark of the mind, to the invasions from Mars and Orson Welles; it mechanizes the well of loneliness that is acoustic space; the human heart-throb put on a PA system provides a well of loneliness in which anyone can drown.[117]

In McLuhans Metapher von über Public-Address-Anlagen ausgestrahlten Herzschlägen war die totale Einsamkeit wirklich nur noch einen Herzschlag entfernt (Abb. 5.20). Allerdings hatte er dabei – wie es, wenn auch ganz anders, in den Naturwissenschaften der frühen Nachkriegszeit ebenfalls geschah – verdrängt, dass eine isolierte Betrachtung einzelner Sinneswahrnehmungen nur unter Ausschluss der Wirklichkeit möglich war.

### Das Laboratorium und der Alltag (1920–1969)

«When I know what they mean», kommentierte 1920 ein namenloser japanischer Besucher einem Reporter gegenüber die Töne in der Kakofonie der Grossstadt New York, «I will understand civilization.»[118] Nicht ohne Grund benutzt Emily Thompson dieses Zitat als Einstieg zu ihrer im Internet zugänglichen, interaktiven Karte «The Roaring Twenties» (Abb. 5.19). Die Fülle und Vielfalt der dort hinterlegten Tonaufnahmen macht deutlich, dass ihr früheres Projekt, die wegweisende Studie *The Soundscape of Modernity*, nur einen kleinen Ausschnitt des zur Verfügung stehenden Materials behandelte.[119]

In einem ähnlichen Zustand akustischer Reizüberflutung wie der ausländische Besucher des Jahres 1920 befindet sich auch der Protagonist in Richard Buckminster Fullers 1938 erschienenem Roman *Nine Chains to the Moon*. Im Zuge seitenlanger Beschreibungen der Stadtszenerie begleiten die Leserinnen und Leser Mr. Murphy, wie er sich durch den Verkehr kämpft, eine Zeitung kauft, Bier trinkt und in der Subway über die Ineffizienz seiner kakerlakenbefallenen Wohnung sinniert. Wie sie später erfahren werden, gäbe es sogar wissenschaftliche Beweise, dass die Geräuschszenerie einen prägenden Einfluss auf sein Sozialleben habe, denn: «Certain degrees and types of sound have, then, due to their retarding influence on the digestive process, a wide effect on the social relationships of man.»[120] Trotz des Tumults, oder gerade dadurch stimuliert, sucht der Protagonist in einer Verbindung von Genie und Industrie nach einem effizienteren Leben. Die Klangkulisse, innerhalb derer Mr. Murphy seine Überlegungen zu einem wissenschaftlich begründeten «Shelter Design» anstellt, liest sich bei Fuller zu Beginn seines Romans wie folgt:

> Let us imagine an early fall evening in New York City. Rain and a high wind terminating the heat of an exceptionally warm Indian-summer day have brought on prematurely the blackness of night. [...] The pressure of traffic in the streets is terrific. [...] The din of horns, the roar of the elevated trains, the spattering wind and rain, together with

> the brilliance of a myriad of automobile lights, neon signs and shop window glares (doubled in intensity by a galaxy of reflections on wet pavements and glistening automobile bodies) constitute a picture exquisitely confusing to the ear and the eye.[121]

Für – in dieser Reihenfolge – Ohr und Auge intensiviert der abendliche Regenguss das Getöse der Grossstadt mit ihren überbelegten, schummrigen Behausungen, für deren Besserung Fuller auf die Wissenschaften setzt. Murphys Welt ist ein Grosstadtszenario ganz im Sinn der schon von Georg Simmel angesprochenen Blasiertheit ihrer Bewohnerinnen und Bewohner: Deren «Unfähigkeit, auf neue Reize mit der ihnen angemessenen Energie zu reagieren», verschränke die Urbanität mit einer neuartigen psychophysischen Konstitution.[122]

Fast zeitgleich zu Fullers Roman hatte Le Corbusier den Bericht *Quand les cathédrales étaient blanches* über seine USA-Reise veröffentlicht und darin auch die Ruhe beschworen, die dank der Technik möglich war. Der französisch-schweizerische Architekt schrieb über die Stille im «Tempel der Technik», als er im Dezember 1932 die als Teil der New Yorker Wolkenkratzerlandschaft des Rockefeller Center eröffnete Radio City Music Hall besuchte. Aus stummen Aufzügen, so Le Corbusier, würden hier die Zuhörer in geschlossene Räume hinter wiederum stummen Mauern ausgespuckt.[123]

Diese stumme Architektur des Rockefeller Center war elektroakustisch gesteuert und hatte mit der Idee einer Architektur als «Hörrohr» nichts mehr gemeinsam. Vielmehr war die Radio City Music Hall eine Art riesiges Radiostudio, maximal gedämmt und gedämpft. «Radio City Music Hall was wired for sound, and no one seemed to mind», heisst es bei Emily Thompson über das Hörerlebnis in diesem Auditorium mit 6000 Sitzplätzen, das in ihrer Geschichte zur Entwicklung der akustischen Kontrolle in der Architektur einen Höhepunkt markiert.[124]

«Was hören sie? Den feinsten ausgesendeten Ton, übertragen von einem Lautsprecher.» So beschreibt Le Corbusier seinen Besuch in der Radio City Music Hall. Das Auditorium verglich er mit einem Aquarium, in das man zwar hineinschauen könne, aus dem aber kein Laut herausdringe.[125] Reyner Banham stellte diese Textpassage in einen Zusammenhang mit einer techno-utopischen Architekturtheorie und leitete daraus eine Vorliebe Le Corbusiers für «closed systems (in both the metaphorical and physical senses)» ab.[126] Das mag für den Le Corbusier der 1930er Jahre, der sich auf Erkenntnisse aus Forschungslaboratorien berief, wohl eine gewisse Gültigkeit haben. Für den Spaziergänger im Bois de Boulogne, als den Le Corbusier sich in den

1950er Jahren im Katalog zum *Poème électronique* darstellte, öffnete dann die persönliche Ergriffenheit die Sinne und auch die Referenzsysteme.[127]

New York City war über Jahrzehnte hinweg für Architekten, Schriftsteller und Philosophen aus Europa der Ort, an dem sie paradigmatische Konstellationen entdeckten: Le Corbusier, Hannah Arendt, Simone de Beauvoir, Rem Koolhaas, Michel de Certeau und Beatriz Colomina schrieben hier in der einen oder andern Spielart über die Kulisse der Hochhäuser und über das Gehen, Flanieren und Sich-Verlieren in den Strassen. Oft das Genre des Reisetagebuchs aufgreifend, richteten sie ihren möglichst unvoreingenommenen Blick und auch ihre weiteren Sinne auf die fremde Szenerie.

In Bezug auf das Hören können insbesondere zwei Episoden aus den 1960er Jahren als Initialzündungen der heute etablierten Soundwalks oder «Hörspaziergänge» geltend gemacht werden. Das waren zum einen die Soundwalks des Architekturstudenten Michael Southworth (*1941) in Boston, mit denen empirisch untersucht werden sollte, wie sich die auditive und audiovisuelle Wahrnehmung der Innenstadt und des Hafengebiets der Metropole in Worten und Zeichen beschreiben lässt. Die Studie blieb jedoch ein Einzelfall und die Methode wurde nach 1969 weder von Southworth noch von anderen in dieser Versuchsanordnung weiterverfolgt.[128]

Dass es noch Jahrzehnte dauern sollte, bis das (Spazieren-)Gehen als Methode wirklich bekannt wurde, zeigt auch ein anderes Beispiel aus der gleichen Zeit. Parallel zu Southworths architektonischen Erkundungen führte der Schlagzeuger und Performer Max Neuhaus (1939–2009) sein Publikum durch die Strassen von New York, entlang der 14th Street zum East River. Die erste dieser Stadtführungen war 1966 als Vorprogramm zu einer Schlagzeugperformance in seinem Studio gedacht. Die Geräuschkulisse der Stadt sollte der Schlüssel sein für das Musikverständnis der darauffolgenden Performance:

> As a percussionist I had been directly involved in the gradual insertion of everyday sounds into the concert hall, from Russolo through Varese and finally to Cage who brought live street sounds directly into the hall.
> I saw these activities as a way of giving aesthetic credence to these sounds – something I was all for – but I began to question the effectiveness of the method. Most members of the audience seemed more impressed with the scandal than the sounds, and few were able to carry the experience over to a new perspective on the sounds of their daily lives.

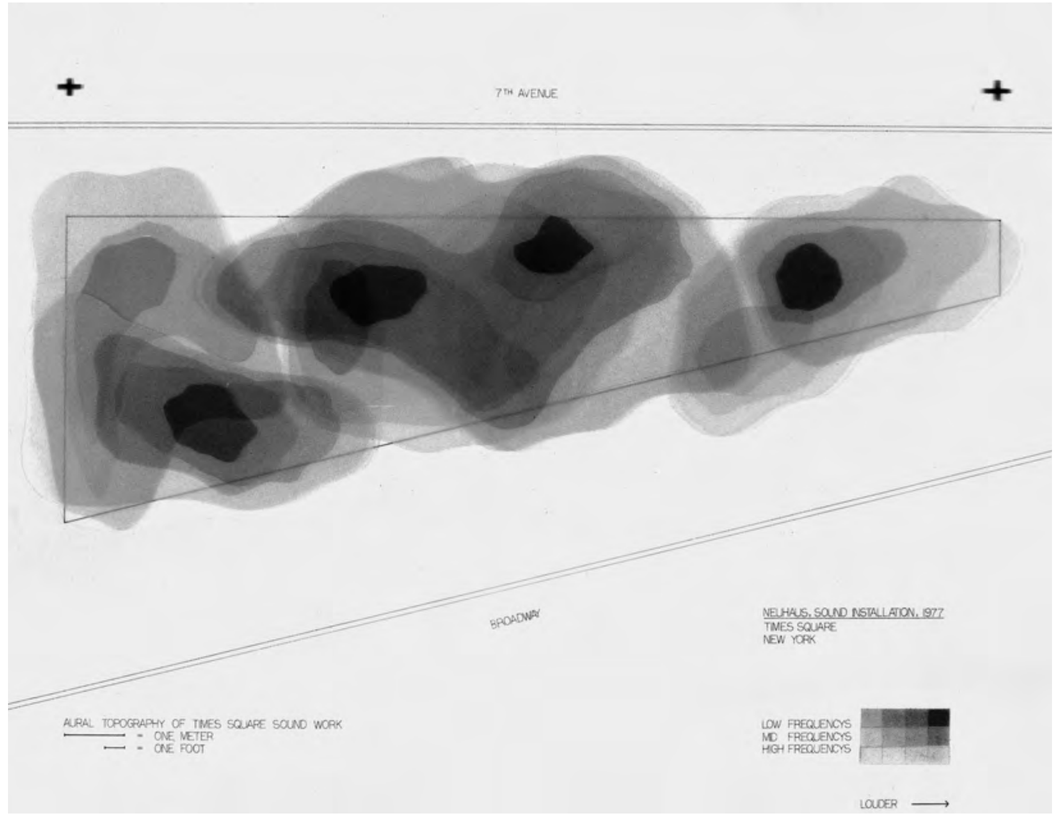



5.21 New Yorker Erkundungen: Auch als ausgestanztes Wortbild, das im öffentlichen Raum aufgehängt werden konnte, inszenierte Max Neuhaus das Wort LISTEN. Postkarte von 1979.

> I became interested in going a step further. Why limit listening to the concert hall? Instead of bringing these sounds into the hall, why not simply take the audience outside – a demonstration in situ?[129]

Begleitet wurden seine Soundwalks von dem Wortbild «LISTEN». Beginnend mit auf die Hand der Spaziergänger auf der 14th Street gestempelter Tinte, produzierte Neuhaus auch Poster und Postkarten mit der ausgestanzten Aufforderung zum Zuhören, die an beliebigen Orten angebracht werden konnten (Abb. 5.21, siehe Abb. 5.01). Wenige Wochen nach dem ersten Hörspaziergang in New York, als er an einer Universität in Iowa, anstatt einen Vortrag zu halten, die Studierenden durch die Strassen der Stadt führte, wurde sein Name auf die Blacklist der Universität gesetzt.[130] Spazierengehen und Wissenschaft galten als gesonderte Gebiete. Das Spazierengehen mochte der künstlerischen Inspiration dienen, als Methode war es noch nicht anerkannt. Und anders als die Schalldiagramme aus den akustischen Laboratorien, die in der Linie eine Klarheit gefunden zu haben schienen, scheuten sich Neuhaus' künstlerische Arbeiten nicht vor Unschärfen und Überlagerungen, so in den Schraffuren seiner «auditiven Topografie des Times Square» (Abb. 5.22).[131]

Im deutschsprachigen Raum etablierte sich die «Spaziergangswissenschaft» in den Jahrzehnten nach Neuhaus' und Southworths Hörspaziergängen zum Beispiel in Kassel durch den Soziologen Lucius Burckhardt (1925–2003), der mit diesem Mittel zu einer kinematografischen Wahrnehmung der Landschaft anregen wollte.[132] Im französischsprachigen Raum war es der Philosoph und Stadttheoretiker Jean-François Augoyard (*1941), der mit seinen Wegchoreografien durch Wohngrosssiedlungen in Grenoble eine neue Grammatik der Stadtlektüre erfand (Abb. 5.23).[133] Augoyards Dissertation, noch unveröffentlicht, inspirierte wiederum dessen Lehrer, den Kulturphilosophen Michel de Certeau (1925–1986), als er 1977 in *Ville panique*, einem Themenheft der Zeitschrift *Traverses*, einen Abschnitt über «die

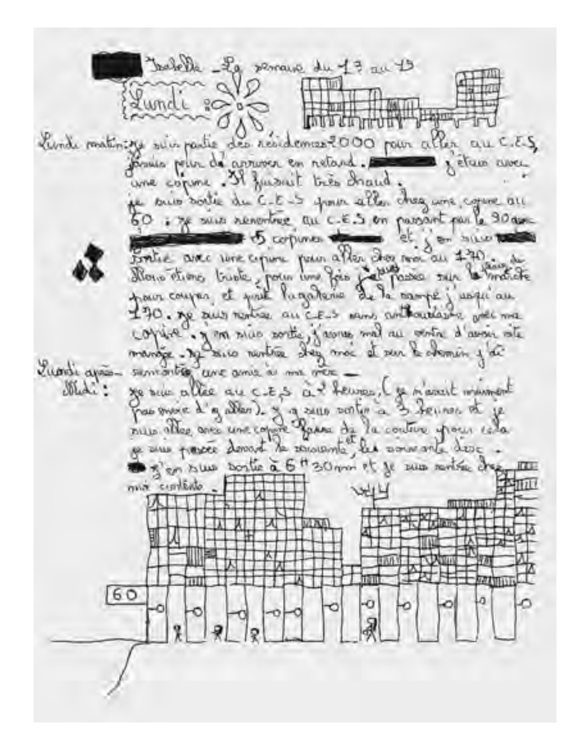



**5.22 «Aural Topography of Times Square. Sound Work»: Max Neuhaus' Aufzeichnungen der Geräuschlandschaft sind aus sich überlagernden Schattierungen aufgebaut. Arbeit von Neuhaus zu einer Soundinstallation von 1977.**

blinde Stadt» («la ville aveugle») verfasste und dann 1980 in seinem Buch zur *Kunst des Handelns* das siebte Kapitel dem «Gehen in der Stadt» widmete.[134]

Anders als Augoyard in Grenobles Vorstadt und Burckhardt im Kasseler Schlosspark situierte de Certeau seine Erkundung in der Tradition der berühmten Texte zu den paradigmatischen Konstellationen der Stadt in Manhattan. Wie Le Corbusier, der 1935 das Rockefeller Center beschrieben hatte, oder Rem Koolhaas (*1944), der 1978 in seinem Manifest *Delirious New York* mit dem Hybridhochhaus des Downtown Athletic Club als Protagonisten arbeitete,[135] machte auch de Certeau einen Hochhauskomplex – genauer: den Blick vom 110. Stockwerk des World Trade Center – zum Ausgangspunkt seiner Betrachtung zum «Gehen in der Stadt».

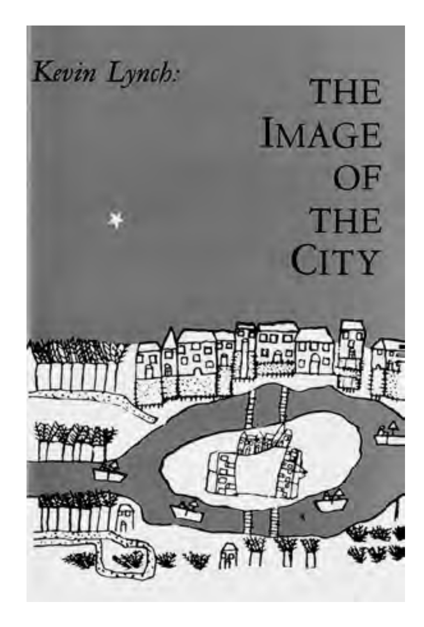
*Ville panique*, der Titel der *Traverses*-Ausgabe, in dem de Certeaus erste Überlegungen zum Gehen festgehalten waren, erinnert wiederum an McLuhan, der wenige Jahre zuvor an R. Murray Schafer (*1933), den «Vater» der Soundscape-Forschung, geschrieben hatte: «Clinging to the remnants




5.23 Französische Untersuchungen: Jean-François Augoyards Wegfiguren in der Grosssiedlung Villeneuve in Grenoble, seinem Wohnort, in dem er für seine 1979 veröffentlichte Dissertation Wegbeschreibungen sammelte, hier «Isabelle, in der Woche vom 13. bis 19., Montagmorgen».

of visual space in this new acoustic age has become a kind of a paranoiac state.»[136] Nicht nur die Kybernetik, die Mondlandung, der Ölpreisschock und alsbald auch die Umweltbewegung sollten die Gesellschaft umtreiben und aufwühlen: Die Sinne waren im Aufbruch. Nicht nur das physikalisch Messbare, auch die Wahrnehmungen schlugen aus. Ein genauerer Blick auf dieses Gehen in der Stadt als Soundwalk und Vorläuferin der «Spaziergangswissenschaft» zeigt vor allem, dass die akustische Forschung der 1960er und 1970er Jahre nicht mehr nur im Laboratorium stattfand, sondern sich auch nach draussen verlagerte, in die Stadt, und dass dafür auch die Methoden neu definiert werden mussten.[137]

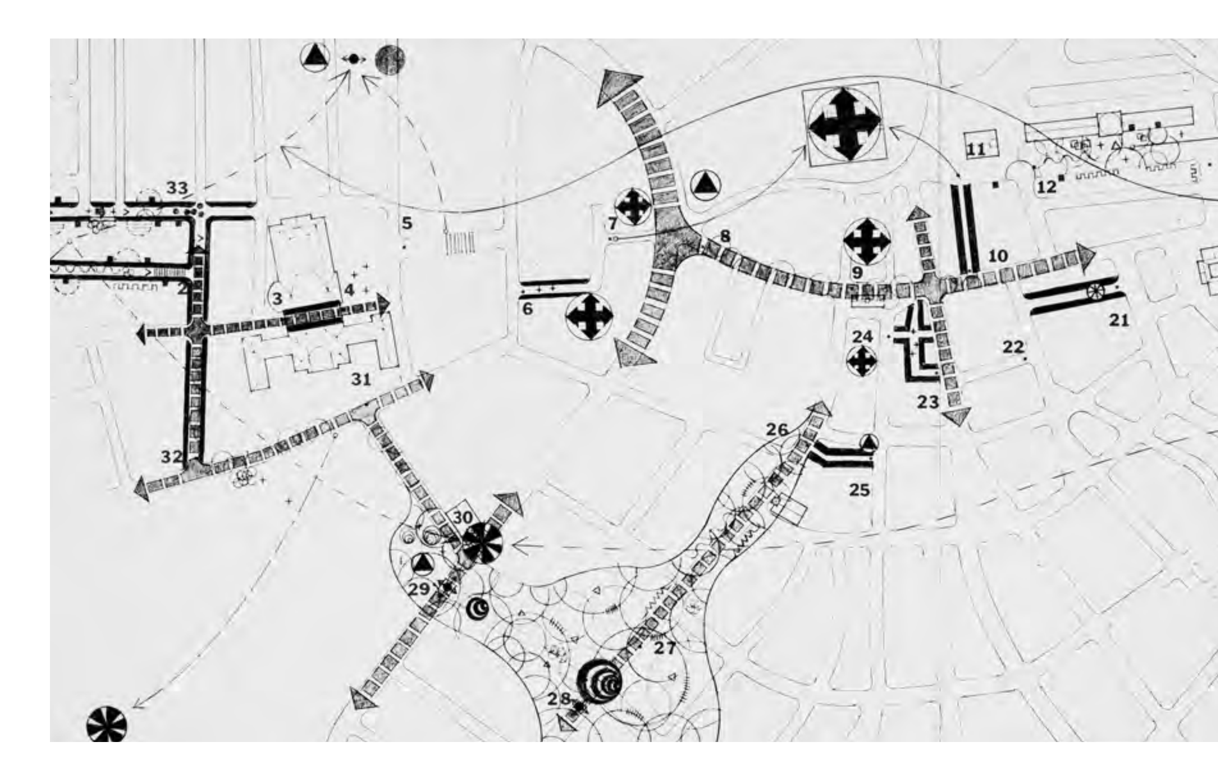
Die empirischen Studien zur Stadtwahrnehmung, die Michael Southworth zwischen 1965 und 1967, betreut durch den nur unwesentlich älteren Assistenzprofessor Stephen Carr (*1935), am MIT in Cambridge durchführte, waren eine Weiterentwicklung der Stadtbilderkundungen, welche die subjektive Wahrnehmung in eine systematisierte Methode der Architekturforschung zu integrieren versuchte. 1954 hatte am MIT in diesem Zusammenhang eine von der Rockefeller Foundation finanzierte Untersuchung mit dem Titel «The Perceptual Form of the City» unter der Leitung von György Kepes (1906–2001) und Kevin Lynch (1918–1984) begonnen. Der Fokus des Projekts war formuliert als «the relation of the individual to the urban physical environment as directly perceived by the various senses».[138]




5.24 **Gestaltforschungen am MIT: In *The Image of the City* erläuterte Kevin Lynch 1960 anhand von Fallstudien in drei Städten seine Methode zur Aufzeichnung mentaler, kollektiver und erfahrener Stadtbilder.**

Kepes hatte Anfang der 1930er Jahre in Berlin mit dem ehemaligen Gropius-Assistenten László Moholy-Nagy (1895–1946) zusammengearbeitet und war nach seiner Emigration neben Rudolf Arnheim der wohl wichtigste Vertreter der Gestalttheorie der Berliner Schule in den Vereinigten Staaten.[139] Kepes publizierte 1956 noch während der Laufzeit des Projekts den Band *The New Landscape in Art and Science*.[140] Die Gestalttheorie prägte seine Methode weiterhin, ablesbar an dem intensiven Einsatz von Bildanalysen in der Fotografie. Lynch wiederum legte 1960, ein Jahr nach Abschluss des Projekts, mit *The Image of the City* eine Untersuchung vor, wobei er mit den darin gezeigten Kartierungen bildmethodisches Neuland betrat (Abb. 5.24).[141] Im Mittelpunkt seines Interesses standen mentale, erinnerte und verinnerlichte Aufzeichnungen von Stadträumen. Ausgehend von ausführlichen Befragungen sammelten die Forscher Zeichnungen oder erstellten diese selbst. Darauf sollte wiedergeben werden, wie der Stadtraum wahrgenommen wurde. Ziel dieses Vorgehens war grundsätzlich, die der Planung und Gestaltung des Stadtraums zugrunde liegenden Konzepte zu verändern.

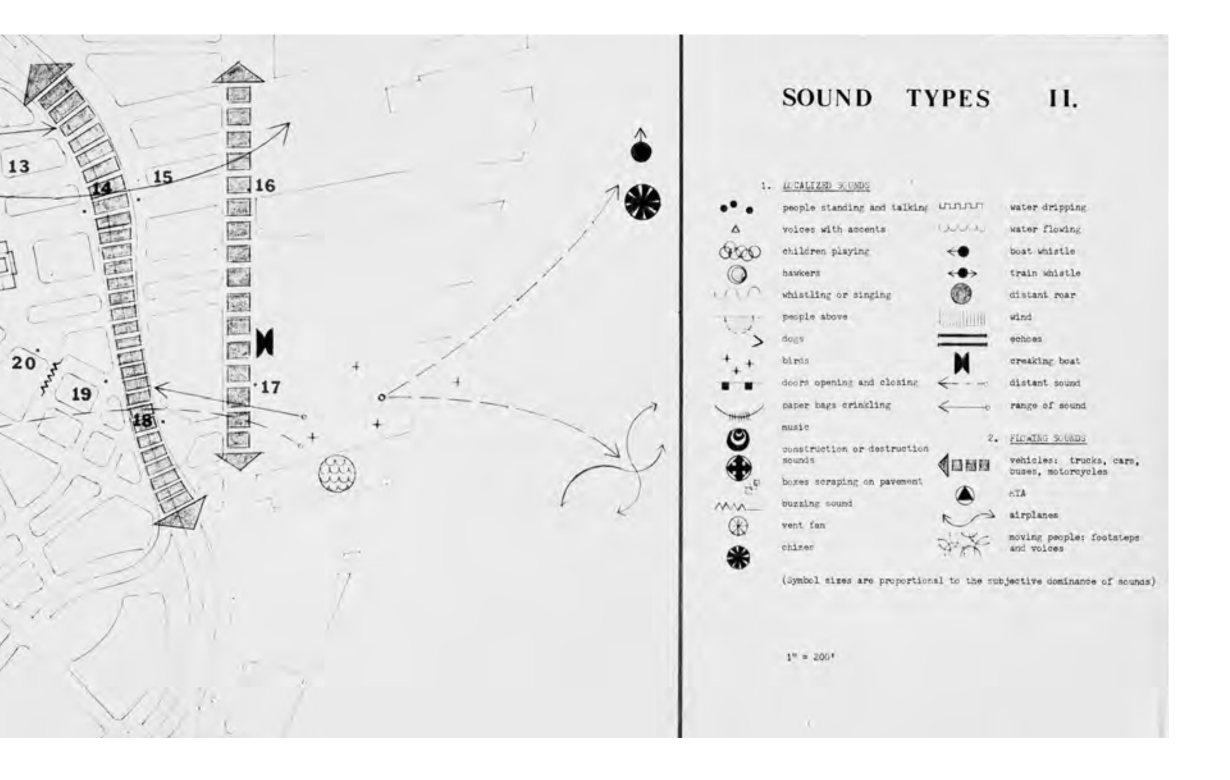
Auf die «various senses», wie sie im Antrag von 1953 formuliert worden waren, nahmen Kepes' und Lynchs mit visuellen Fragestellungen beschäftigte Publikationen allerdings vorerst kaum Bezug. Erst die 1965 begonnene Masterarbeit des von der University of Minnesota ans MIT gekommenen Masterstudenten Michael Southworth stellte die akustische Wahrnehmung ins Zentrum. In seinem Forschungsbericht verwendete Southworth mehrfach den Ausdruck «soundscape», der anschlussfähig war an die von seinem Lehrer Kevin Lynch geprägten Termini «townscape», «cityscape» und «streetscape». Mit dem Begriff «soundscape» wie überhaupt mit Southworths Kar-




**5.25 Die eigene Wahrnehmung als Datenquelle: In einer «Sound Types» überschriebenen Karte ordnete Michael Southworth in seiner am MIT verfassten Masterarbeit von 1967 den verschiedenen Schallereignissen jeweils ein Symbol zu.**

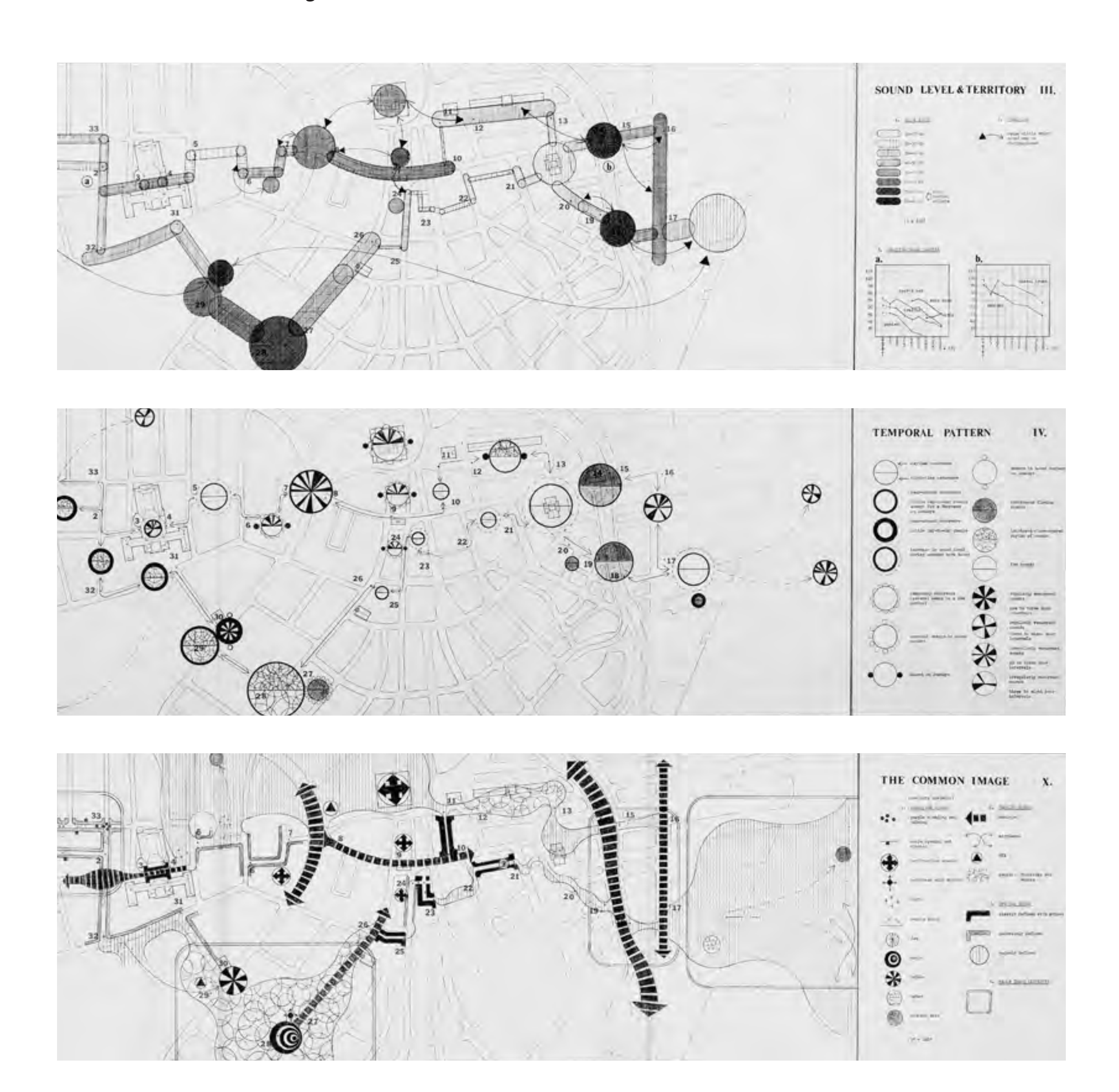
tierungen fügte sich sein Projekt ein in die in den 1950er Jahren begründete Tradition von Untersuchungen zur Stadtgestalt und teilte mit diesen auch den gestalttheoretischen Ansatz, in ambitionierter Verbindung mit empirischen Methoden, die akustische Umwelt zu beschreiben, zu klassifizieren und auch zu rangieren. In der von ihm als «exploratory research» bezeichneten Untersuchung sammelte er schliesslich verbale, zeichnerische, fotografische und vermasste Beschreibungen der gehörten und gesehenen Stadt.[142]

Im ersten der drei Teile seiner 124 Seiten umfassenden Thesis widmete sich Southworth den von ihm allein durchgeführten Soundwalks durch die Innenstadt von Boston, vom Stadtteil Beacon Hill (wo er wohnte) bis zur India Wharf und zurück. Dabei wählte er eine möglichst abwechslungsreiche Route mit engen und breiten Strassen, menschenleeren und bevölkerten Plätzen, Wohnquartieren aus dem 19. Jahrhundert und modernen Verwaltungsbauten.[143] Zusätzlich zu einem Notizbuch nahm er ein Schallmessgerät mit und notierte Schalldruckpegel zwischen 20 und 100 Dezibel. Vor allem aber ordnete er die akustischen Situationen nach Typen und Qualitäten und wies ihnen Symbole zu.




Diese visualisierte Ordnung lässt das akademische Umfeld am MIT und die Verbindung zur Gestalttheorie erkennen, die in Southworths Untersuchung unter Zuhilfenahme der eigenen Wahrnehmung eine «scientific-objective description» in einer systematischen Repräsentation des Hörens und des Zusammenspiels von Hören und Sehen, im Kontext von Raumfigur und zeitlicher Entwicklung suchte.[144] Auf zehn grossen Plänen, eingelegt zwischen dem ersten und dem zweiten Teil seiner Arbeit, illustrierte er die gefundenen Resultate mittels unterschiedlichster Symbole in der folgenden Reihenfolge: «The Sequence, I. / Sound Types, II. / Sound Level & Territory, III. / Temporal Pattern, IV. / Synthesis, V. / Activity Form, VI. / Spatial Form, VII. / Sound & Visible Form, VIII. / Evaluation, IX. / The Common Image, X.» (Abb. 5.25–5.28).[145]

Für den zweiten Teil seiner aufwendigen empirischen Studie arbeitete Southworth mit einer kleinen Zahl von fünfzehn Probanden, wie es für die MIT-Studien dieser Art typisch war.[146] Sie waren alle, was er in der Arbeit auch als Problem auswies, mit der Umgebung bereits vertraut. Unter ihnen waren, wie er später berichtete, mehrere Professoren des MIT, und insgesamt waren die Teilnehmenden der Studie je etwa zur Hälfte männlichen und weiblichen Geschlechts.[147] Der Versuch sollte ihre Wahrnehmung unter Variation der




**5.26, 5.27, 5.28** Die Kartierungen «Sound Level & Territory» und «Temporal Pattern» bewerteten die Charakteristiken und auch den Informationsgehalt der Töne und Geräusche. Weitere Karten, hier «The Common Image», nahmen Vokabular und Systematik der Stadtbildforschung auf. Karten aus Michael Southworths Masterarbeit von 1967.

auditiv-visuellen Bedingungen in einer Umgebung mit unterschiedlichen Stimuli aufzeichnen.

Jeweils an Samstagen, da es an diesem Tag weniger Verkehr gab, durchquerten die Probanden die von Southworth in der ersten Phase eingehend untersuchte und in dreiunddreissig Wegabschnitte unterteilte Route. Die Probanden legten den Weg nacheinander in fünf Gruppen von drei Personen zurück, jeweils unter verschiedenen Bedingungen: die erste Person in einer Gruppe nur hörend, die zweite nur sehend und die dritte mit

86

| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|
| | cars<br>people's voices<br>children's voices<br>car horns<br>quietude<br>sound of the wind<br>bird wings<br>sea gull | cars:<br>car doors<br>cars starting<br>water dripping,<br>pattering on tin<br>rumbling traffic, heavy traffic,<br>trucks,<br>long truck sounds<br>sound of boxes scraping on pavement<br>airplanes humming away<br>cars overhead<br>footsteps<br>voices, children | fast traffic<br>dull roar<br>big overhead sounds<br>big long sounds<br>water?<br>voices | cars thundering overhead<br>swooshing sounds<br>traffic underneath echoing, rush and roar<br>train rumble<br>general rumbling all around<br>undefined quality<br>impressive sounding<br>a Piranesi experience in sound | traffic overhead<br>a hum<br>wind-a grand kind of sound<br>seagulls<br>people's feet<br>planes<br>ship horn |
| A<br>+<br>V | | water dripping<br>seagulls calling<br>airplanes<br>cars amplified overhead | traffic<br>dull roar | cars overhead<br>amplified noise<br>undefined quality | planes<br>traffic overhead<br>seagulls<br>ship horn |

5.29 Die Wahrnehmung der anderen: Im Rahmen des zweiten Teils der Untersuchung liess Southworth fünfzehn Probanden die Innenstadt von Boston durchqueren und wertete ihre auf Tonband aufgenommenen Eindrücke anschliessend aus. Seite aus Michael Southworths Masterarbeit von 1967.

offenen Ohren und Augen. Die Person mit den verbundenen Augen wurde (als Sicherheitsvorkehrung und zum Zweck der vollen Konzentration auf die eigene Wahrnehmung) in einem Rollstuhl durch die Stadt geschoben. Um die Taubheit der nur sehenden Person zu gewährleisten, wurde dieser ein grosser Kopfverband angelegt, wodurch die Probanden von Passanten wie eine Art «Marsmenschen» – so die Erinnerung von Southworth – wahrgenommen wurden (vgl. Abb. 5.31).[148]

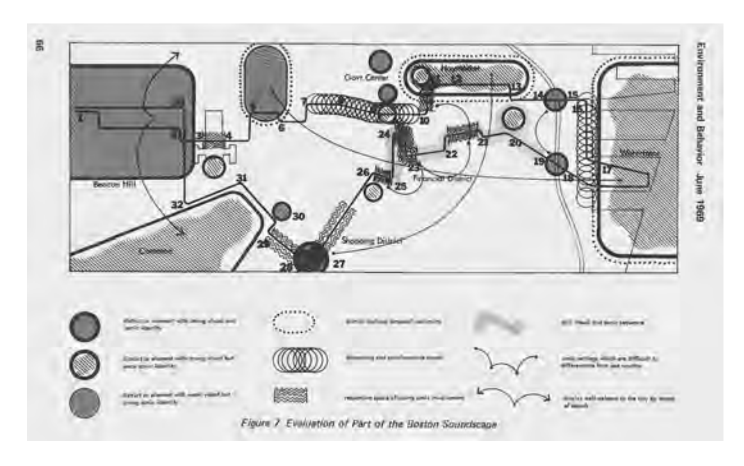
Auf den Fragebögen und in den Interviewtranskriptionen wurden die verschiedenen Sinneswahrnehmungen, die sich die Forscher am MIT seit über zehn Jahren zu erforschen vorgenommen hatten, festgehalten, so «[s]mells», «temperature sensations» und «wind» – Sinneseindrücke, die auch in den 1970er Jahren wieder als Forschungsideen auftauchten, dann allerdings als zu kompliziert zu bewältigen wieder verworfen wurden.[149] Vor allem aber zählte Southworth aus, wie oft auditive und wie oft visuelle *und* auditive Kommentare zu den jeweiligen Orten gemacht wurden (Abb. 5.29). Schliesslich analysierte er die Rangliste der qualitativen Bewertungen der verschiedenen Strassenabschnitte, die er von seinen Probanden verlangt

hatte, und fand heraus, dass sie Situationen bevorzugten, in denen die auditiven und visuellen Wahrnehmungen übereinstimmten:

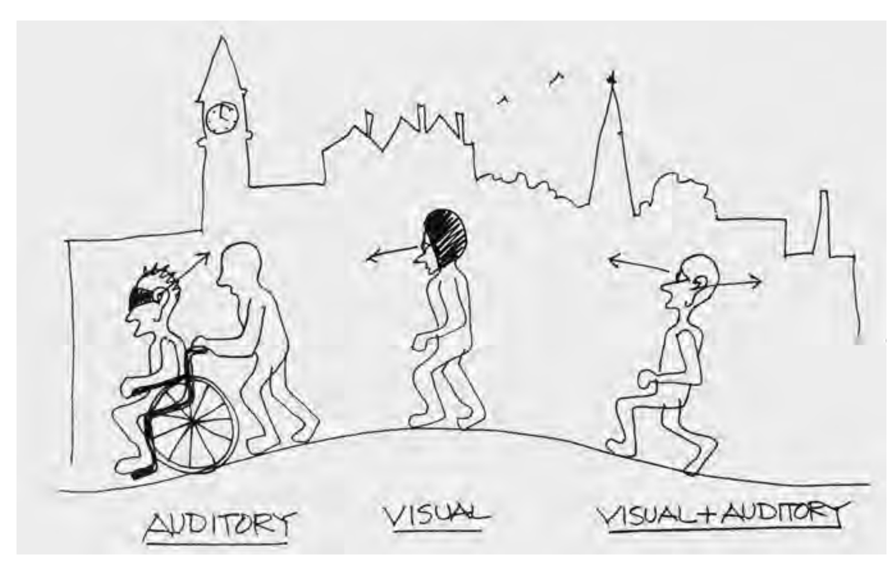
> In addition to studying the soundscape, a major concern was ascertaining the correlation between visual and auditory perception or the extent to which the identity and delightfulness of the sonic environment were supported by a setting's visible activity and spatial form.[150]

Eine Beruhigung des städtischen Lärms, schrieb Southworth 1969 in einem seine Masterarbeit zusammenfassenden Artikel, der prominent in der ersten Ausgabe der Zeitschrift *Environment and Behavior* platziert war, sei die Voraussetzung, unter der akustische Gestaltung erst stattfinden könne.[151] Immer wieder verweist er dabei auf «identity and delightfulness» und überschreibt einen Abschnitt mit «Sonic Delight».[152] Hier findet sich zugleich eine Anbindung an die klassische Tradition architektonischen Denkens in der Vitruv'schen Triage: firmitas, utilitas, venustas, also Festigkeit, Nützlichkeit, Schönheit oder eben firmness, commodity, delight.

Für die Veröffentlichung in der allerersten Ausgabe des umweltpsychologischen Journals *Environment and Behavior* erstellte Southworth neue Grafiken und zeichnete neue Karten, deren Notationen weniger auf Symbolen beruhten, sondern vielmehr aus Schattierungen und sich überlagernden Feldern bestanden (Abb. 5.30). Darin sind die auf den zehn grossen Karten der Masterarbeit festgehaltenen Kriterien auf wenige Aussagen reduziert. Drei der neun Symbolschraffuren beispielsweise beziehen sich auf die «visual and sonic identity» der jeweiligen Untersuchungsgebiete in der Innenstadt von Boston.[153]




5.30 Kartierung der Soundscape im Kontext der visuellen Wahrnehmung: neue Grafiken und neue Karten für die Publikation von Southworths Forschungsergebnissen in der ersten Ausgabe des umweltpsychologischen Journals *Environment and Behavior* von 1969.




**5.31 Die Logik des Laboratoriums draussen in der Stadt: Für das wissenschaftliche Hören wurden die Augen, für die visuelle Analyse die Ohren verbunden. Skizze von Michael Southworth anlässlich eines Vortrags im Jahr 1985.**

Hörend, sehend, hörend *und* sehend: Mit den drei in einer Skizze als «Auditory / Visual / Visual + Auditory» bezeichneten Versuchsanordnungen zielte Southworth darauf ab, die verschiedenen Sinneswahrnehmungen ausserhalb des Labors zu isolieren und zu vergleichen (Abb. 5.31).[154] Dass das Akustische unter verschiedenen Vorzeichen in Referenz zum Visuellen untersucht wurde, entsprach in gewisser Weise der 1953 am MIT formulierten Absicht, eine multisensorische Studie zu den «various senses» durchzuführen. «Mapping literacy» ist dabei ein Terminus aus dem Wortschatz von Kevin Lynch, mit der er das Aufzeichnen der subjektiven Wahrnehmung als wissenschaftliche Methode der Datenerhebung verteidigte – denn das Kartieren sei doch genauso erlernbar wie das Lesen und Schreiben.[155]

Die akustische Disziplin suchte und fand immer wieder neue Methoden, um Schallphänomene und Hörwahrnehmungen wissenschaftlich beschreiben zu können. Die aufwendigen Kopfverbände, mit welchen die blind oder taub gestellten Probandinnen und Probanden Geräuschkulisse und Stadtszenerie in Erfahrung bringen sollten, sind zugleich Antithese und Bestätigung der Forschungskonzepte aus den akustischen Laboratorien, wo die Räume zuweilen metertief mit Stoffen gedämpft und gedämmt wurden – ein Raummodell, dass über die isolierte Welt des Laboratoriums bald auch im Alltag Einzug hielt.

Das akustische und das architektonische Wissen, die Laboratorien drinnen und die Strassenräume draussen, berührten und bereicherten eine grosse Bandbreite an Disziplinen. Aus deren Wechselwirkungen und den Erkenntnissen unzähliger Akteure formte sich die gebaute Umwelt des 20. Jahrhunderts. Anfang des Jahrhunderts hatten sich die Akustiker noch in Holzkisten gesetzt, damit ihr Körper die Versuchsanordnung nicht beeinflusste. Nur ihre Ohren, als Teil des Versuchsapparats, waren erwünscht im Laboratorium. Als dann die Wahrnehmung aus den Versuchsanordnungen ausgeschaltet und automatisiert gemessen werden konnte, erschien dies vorerst als grosse Errungenschaft. Doch war es das wirklich? In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts entfaltete sich die Akustik als eigene Disziplin und wurde seither interdisziplinärer denn je. Erst waren die Innenräume allseitig von der Umgebung isoliert, dann waren es einzelnen Sinne, die mit Kopfverbänden ausgeschaltet wurden. Dabei reproduzierte die akustische Disziplin nicht mehr nur die Welt im Laboratorium, sondern applizierte auch die Logik des Labors auf die Welt. Drinnen wie draussen überlagerten und verwoben sich Objektivierung und Erfahrung, in immer neuen Verwicklungen, die ständig neue Fragen aufwarfen.

Die Akustik der Architektur ist ein Wissen aus Vielfalt, das gerade durch diese Vielfalt weiteres Wissen erzeugt.

1 Loos 1912, S. 9.
2 Der Gesellschaftsreporter Karl Marilaun konkretisierte – auch mit Blick auf das Ende des Ersten Weltkriegs und damit zusammenhängend das Ende von Österreich-Ungarn – 1922 Loos' «Verneinertum» mit den Worten: «Nämlich des Verneiners einer Fidelität, einer Backhendelbehaglichkeit, einer wienerischen Tapeziererei mit Ornamenten, die uns den österreichischen Weltuntergang beschert hat.» Zit. n. Oechslin 1994, S. 116 und S. 120, hier Anm. 318.
3 Loos 1912, S. 10. Der Aufsatz ist bekannter in der Fassung aus Loos' 1931 publizierter Aufsatzsammlung *Trotzdem*. 1931 wurden nicht nur alle Substantive klein geschrieben, sondern auch Fragezeichen eingefügt, wo 1912 keine waren, zum Beispiel beim folgenden Satz, der 1912 lautete: «Also gilt es wohl einen neuen Saal zu bauen, mit den genauen Abmessungen des alten, um den Anhängern der bisherigen Akustiktheorie recht zu geben und aus demselben Materiale, um mir recht zu geben.» Loos 1912, S. 9. In der überarbeiteten Fassung von 1931 liest sich der Satz durch das hinzugefügte Fragezeichen etwas anders: «Also gilt es wohl, einen neuen saal zu bauen mit den genauen abmessungen des alten, um den anhängern der bisherigen akustiktheorie recht zu geben und aus demselben material, um mir recht zu geben?» Loos 1997 [1931], S. 116.
4 Siehe insbesondere Jäger 1911, S. 3–4, S. 8 und S. 22.
5 Für eine ausführlichere Diskussion von Loos' Ausführungen zum Bösendorfer-Saal vgl. S. v. Fischer, Akustik, angewandt und anverwandelt, 2012.
6 Loos 1912, S. 9–10.
7 Rukschcio / Schachel 1982, S. 166. – Übrigens stellte auch Friedrich Kittler Behinderung und Erfindung in einen kausalen Zusammenhang: Thomas Edisons «halbe Taubheit»

koppelte Kittler mit dessen Entwicklung des Phonographen, Friedrich Nietzsches Kurzsichtigkeit mit dessen Licht- und Filmtheorie, und von Gustav Theodor Fechner berichtet er, dass dieser bei der Erforschung der Nachbildwirkung für drei Jahre erblindete, weil er so hartnäckig in die Sonne starrte; Kittler 1986, S. 38–39 und S. 184.

8 So etwa von Safran 1983, S. 60: «Loos' and Schoenberg's ideal of wholeness would not express itself [...] in an ultimately total unity with nature. [...] They regarded each form of expression as distinct and set apart [...].» Siehe auch Safran 2012.

9 Erhard Buschbeck, Brief an Arnold Schönberg, 16. April 1912, zit. n. Rukschcio / Schachel 1982, S. 168. Loos beteiligte sich auch an einem Garantiefonds für die Aufführung von Schönbergs *Gurreliedern*, die ein riesiges Orchester verlangten. Diese Aufführung fand im Februar 1913 statt. Anlässlich Schönbergs 50. Geburtstag publizierte Loos einen Aufsatz mit dem Titel «Die Gurrelieder – Die letzten Kompositionen»; siehe Loos 1924.

10 Vgl. Thompson 2002, S. 45–57.

11 Loos 1912, S. 10.

12 Vgl. Meglitsch 2005, S. 123.

13 Ebd., S. 103. Meglitsch bezog sich bei diesem Vergleich auf eine Passage aus den Erinnerungen des österreichischen Literaten, Mäzens und Theosophen Friedrich Eckstein, einem Freund Sigmund Freuds: Friedrich Eckstein, *Alte, unnennbare Tage. Erinnerungen aus siebzig Lehr- und Wanderjahren*, Wien 1936, dort S. 241.

14 Auf dem Grundstück wurde später ein 16-geschossiger Bau nach einem Entwurf des Architekturbüros Theiss & Jaksch errichtet; das 1932 fertiggestellte Gebäude ist auch als das erste Wiener Hochhaus bezeichnet worden; vgl. Achleitner 1980, Bd. 3.1, S. 43.

15 «Dem Saale ging seine Herkunft lange nach», schrieb die *Neue Freie Presse* (Morgenblatt) am 3. Mai 1913; am Abend zuvor hatte das letzte Konzert stattgefunden; zit. n. Meglitsch 2005, S. 102.

16 Vgl. ebd., S. 104–105.

17 Loos 1912, S. 9. «Nonsens» wurde in der Anthologie von 1931 durch «unsinn» ersetzt: Loos 1997 [1931], S. 117.

18 Loos 1912, S. 9.

19 Moravánszky 2008, S. 61

20 Loos 1912, S. 10.

21 Munch unterschied dabei verschiedene Phasen in Schönbergs tonaler Harmonielehre und strich heraus, wie sich dessen 1911 publizierte *Harmonielehre* in diese Gegenüberstellung fügt; vgl. Munch 2004, S. 191–193.

22 Loos 1912, S. 9.

23 Vgl. Vitruv 1987, S. 220–223 (V. Buch, 5. Kapitel: «Über Schallgefäße im Theater»).

24 Vgl. Riegl 2003.

25 Vgl. Beranek 1962, S. 1–3.

26 Vgl. ebd., S. 12.

27 Vgl. Beranek 2004, S. 498.

28 Osswald 1929, S. 7; Hervorhebung und Orthografie folgen dem Original.

29 Osswald 1939, S. 31.

30 Miller 1922, S. 262. Das Zitat stammt aus einer der insgesamt acht Vorlesungen, die Miller 1914 am Lowell Institute in Boston unter dem Titel «Sound Analysis» hielt.

31 Cremer 1936, S. 134.

32 Fechner 1860, S. V. Die Einleitung ist auf 1959 datiert. Fechner gilt unter anderem als Begründer der «experimentellen Ästhetik»; siehe dazu Sprung / Sprung 1988. Zum Verhältnis von Metaphysik und Psychophysik in Fechners Werk im Besonderen siehe Petra Lennigs wissenschaftshistorische Untersuchung: Lennig 1994.

33 Fechner 1860, S. IX.

34 Ebd., S. 255–300.

35 Ebd., S. 258.

36 Ebd., S. 260.

37 Helmholtz 1981 (1863); vgl. Kursell 2013.

38 Fletchers 1929 veröffentlichtes Buch *Speech and Hearing* gilt als Meilenstein im Zuge der Formierung der Psychoakustik als Teilgebiet der Akustik.
39 Siehe E. Meyer / Burgtorf / Damaske 1965, S. 339.
40 Vgl. E. Meyer 1939, o. S. [Tafel II zwischen S. 26 und S. 27], Abb. 14.
41 Vgl. ebd., o. S. [Tafel V zwischen S. 44 und S. 45], Abb. 28.
42 Vgl. Miller 1937, o. S. [Abb. vor dem Innentitel des Buchs].
43 Zu Dankmar Adlers akustischer Intuition und deren Weiterführung durch Frank Lloyd Wright siehe Quinan 2018.
44 Zur Konzeption des Auditorium Building legte Joseph Siry eine eingehende Studie vor; vgl. Siry 2002. Michael Forsyth fokussierte sich ferner auf Adlers Anwendung von Russells Kurvenkonstruktionen; vgl. Forsyth 1985, S. 235–243; Emily Thompson schreibt, dass mit Adlers Tod im Jahr 1900 auch seine gemäss Sullivan aus Instinkt, gemäss ihm selbst aus «independent thought» gewachsene Expertise einerseits nicht mehr greifbar war, andererseits mit der Formel für die Berechnung der Nachhallzeit geradezu ersetzt wurde; vgl. Thompson 2002, S. 32–33.
45 Zu Schallvisualisierungen siehe Holl 2001; Feaster 2012; Tkaczyk 2014; S. v. Fischer 2017; zu Energie überhaupt siehe Asendorf 2002. Zur Linie im besonderen vgl. Kahn 1999, S. 68. Das Teilkapitel «Concerning the Line» (ebd., S. 68–157) erschien in veränderter Form, aber unter demselben Titel auch in: Clarke / Henderson 2002, S. 178–194. Der Titel ist inspiriert von einer Kapitelüberschrift der englischen Übersetzung von *Gestes et opinions du docteur Faustroll, pataphysicien* von Alfred Jarry, das um 1900 die Allmacht der grafischen Aufzeichnung durch die Linie parodierte.
46 Vgl. Waller 1961, S. 3 und S. 5. Siehe auch den Eintrag zu «Patterns in Sand» und »Experiments in Science» im Episoden-Guide der Movie Database, https://www.imdb.com/title/tt2985834/episodes?season=1&ref_=tt_eps_sn_1 (abgerufen am 1. Juli 2018).
47 Vgl. Kock 1978, S. 39–40. In den 1940er und 1950er Jahren arbeitete Kock als Leiter des Akustiklaboratoriums der Bell Laboratories, später des Electronics Research Center der NASA.
48 Vgl. Harvey 1983.
49 Vgl. Braun 1999.
50 Harvey 1983.
51 Vgl. Kock / Harvey 1949.
52 Vgl. die Schallfotografie von Kock und Harvey, rückseitig datiert auf den 14. Juni 1950, AT&T Archives Warren, NJ, Photograph 86-300110 / PHO-0173-000525. Die Einrichtungen für das Experiment, teils die mitbelichtete Person, bedecken einen grösseren Teil des Bildausschnitts als die mit Blitzlichtern in einer Langzeitbelichtung sichtbar gemachten Schallwellen.
53 Vgl. ebd. mit folgendem Text auf der Rückseite: «F. K. Harvey, who with W. E. Kock developed a new technique for photographing the pattern of sound waves, demonstrates focusing effect of an acoustic lens on sound waves emitted from the horn at left. The wave pattern is produced by a scanning technique somewhat similar to that used in television. A tiny microphone and a 110-volt neon lamp are mounted on the end of a beam which swings vertically through the wave field and at the same time is mived horizontally away from the lens. The pattern shown was produced during a time exposure of about 10 minutes. The technique is expected to provide a highly useful means of studying the sound wave field of telephone receivers and similar communications equipment, and for studying microwave radio patterns.»
54 Sound Wave Patterns, 1950. Der hier zitierte Text aus dem *195 Bulletin* ist ein Ausschnitt aus dem längeren *JASA*-Bericht; vgl. Kock / Harvey 1949. Der Name *195 Bulletin* war von der Adresse der Bell Laboratories inspiriert: „195 is the address of what was then Headquarters of AT&T at 195 Broadway in New York City." George Kupczak, AT&T Archives, New Jersey, E-Mail an die Autorin, 7. Februar 2013.

55 Vgl. Kock 1978, S. 328 und S. 330. Kock kommentierte selbst, dass die akustischen Linsen, die er für die Fotografien verwendete, jenen für das Radio Relay in den Telefonnetzen zumindest ähnlich waren.
56 Vgl. Kock 1971, S. 16. Eine ähnliche Fotografie war 1960 in einem Jugendbuch noch ohne diesen Kommentar erschienen, siehe Knight 1960, S. 55.
57 Kock 1974 [engl. 1971], S. VI.
58 Vgl. Beranek 1962, S. 511–540.
59 Ebd., S. 511.
60 Vgl. ebd., S. 525.
61 Ebd., S. 530.
62 Vgl. Beranek 2008, S. 159–160.
63 Vgl. Jaffe 2010, S. 24–50; siehe auch Newhouse 2012, S. 64–66.
64 Vgl. Baumann 2011, S. 19–44 und S. 187.
65 Vgl. Thompson, S. 51–57.
66 In einem Bericht der Zeitschrift *High Fidelity* hiess es über die Philharmonic Hall während der Umbauarbeiten, sie sähe aus «wie nach einem Bombenangriff», wobei man bei dieser Gelegenheit dann auch gleich noch einmal die gegenseitigen Beschuldigungen der Beteiligten nacherzählen konnte; vgl. Fantel 1976; Übersetzung der Autorin.
67 Vgl. Beranek 1962, S. 75–77, auf S. 76 finden sich auch die Namen der von Beranek befragten Musiker und Musikkritiker.
68 Vgl. ebd., S. 472–473.
69 Ebd., S. 414.
70 Ebd., S. 406.
71 Vgl. ebd.
72 Jüngere Musik- und Kulturhistoriker bezeichnen Konzertgänge zuweilen auch als «Musicking»: Damit ist ein gesellschaftliches Repräsentationsritual gemeint, in dem weniger die Musik als vielmehr die Garderobe sowie das Sehen-und-Gesehen-Werden im Vordergrund stehen. Vgl. hierzu Small 1998; Ziemer 2012.
73 Leo L. Beranek, Brief an Willi Furrer, 10. Januar 1962, o. S., aus dem Privatbesitz der Tochter Dorothea Furrer, heute im Hochschularchiv / ETH Zürich, Nachlass Willi Furrer, nicht katalogisiert.
74 Zu Furrers Messungen vgl. zum Beispiel einen nicht gezeichneten *SBZ*-Beitrag von 1937: Akustik der Konzertsäle, 1937.
75 Leo L. Beranek, Brief an Willi Furrer, 10. Januar 1962, o. S., Hochschularchiv / ETH Zürich, Nachlass Willi Furrer. Furrer wird im gleichen Brief für seine Unterstützung mit «I wish to thank you again for your interest and help in assembling this material» und in Beraneks Vorwort zu *Music, Acoustics and Architecture* von 1962 gedankt. Dort sind Willi Furrer wie auch Lothar Cremer und Erwin Meyer als Reviewer der Kapitel 7 bis 13 erwähnt; vgl. Beranek 1962, o. S.
76 «Willi Furrer never commented on my ratings. No acoustician has ever discouraged me from publishing. No one (conductors, acousticians or anyone else) has even written me about the ratings, pro or con.» Leo L. Beranek, E-Mail an die Autorin, 18. November 2011.
77 Beranek 1962, S. 383. Die hohe Bewertung mit «sehr gut» lässt sich vielleicht auch mit Beraneks Freude an seinen Besuchen in der Schweiz – in Furrers Privathaus und zum Skiurlaub im Berner Oberland – erklären, die er in seiner Biografie mehrfach erwähnte; vgl. Beranek 2008, S. 89 und S. 97.
78 Beranek 1962, S. 383.
79 Vgl. Beranek 1996, S. 51–62.
80 Vgl. Beranek 2003, S. 497; ders. 2004, S. 496.
81 Vgl. Fitch 1948, S. 260–266.
82 Fitch 1972, S. 141.
83 Ebd., S. 141–142.
84 Vgl. ebd., S. 39.
85 Rheinberger 1994, S. 409.

86 Le Corbusier 1958, o. S.
87 Kalff 1958, o. S.
88 Zur Geschichte des Pavillons siehe Treib 1996; Lootsma 1984; Sterken 2012; Tazelaar 2013; Darò 2015, und weitere.
89 Vgl. Treib 1996, S. ix.
90 Le Corbusier 1958, o. S.
91 Vgl. Treib 1996, S. 96, 217.
92 Vgl. Bienz 1998, S. 96. Peter Bienz zitiert ebd. Varèse, der von 425 Lautsprechern schrieb – in einer Fussnote ist allerdings ergänzt, dass die Angaben schwanken und die technische Beschreibung des Pavillons schliesslich 350 Stück nannte.
93 Vgl. Treib 1996, S. 172.
94 Vgl. Touloumi 2017.
95 Le Corbusier 1958, o. S.
96 Vgl. Darò 2015, S. 18.
97 Xenakis berichtete über Le Corbusiers anfängliche Zugeständnisse und die folgenden vergeblichen Mühen im Kampf um eine Co-Autorschaft bei dem Entwurf für den Philips-Pavillon. Der Konflikt führte schliesslich zu seiner Entlassung. Nach seinen Ferien im August 1959 fand er das Schloss des Ateliers ausgewechselt und erhielt einen Brief von Le Corbusier: «Je vous rends donc votre liberté […]»; vgl. Xenakis 2006, S. 147.
98 Le Corbusier 1958, o. S.
99 Siehe Ruairi Glynn, Virtual Electronic Poem, 15. April 2008, www.interactivearchitecture.org/virtual-electronic-poem.html (abgerufen am 1. Juli 2018). Die Website des Projekts «Virtual Electronic Poem» unter www.edu.vrmmp.it/vep ist nicht mehr aktiv, dafür verschiedene Verweise und Dokumentationen.
100 Zit. n. Poesch 2014, S. 148
101 Vgl. Gallati 2004. – Bei Mischa Gallatis Buch *Gedämpfter Lärm. Die Schweizerische Liga gegen den Lärm 1956–1966*, der ersten Aufarbeitung der Entstehungsgeschichte des Vereins, handelt es sich um die leicht überarbeitete Fassung seiner Lizentiatsarbeit *«… um den Staat an seine Pflicht zu erinnern». Die Schweizerische Liga gegen den Lärm als Organisation einer prototypischen Umweltbewegung und ihre Einflussnahme auf staatliches Handeln, 1956–1966*, die im Juni 2002 an der Philosophischen Fakultät der Universität Zürich eingereicht wurde.
102 Die vom Baustellenlärm betroffene Anwaltskanzlei von Otto Schenker-Sprüngli an der Sihlstrasse 17 in Zürich fungierte in den Anfangsjahren auch als Postanschrift der Liga gegen den Lärm; vgl. AICB 1960; auch S. v. Fischer, *Hellhörige Häuser*, 2013, S. 248–249. Ergänzend zu Gallatis Untersuchungen zeigen die 2013 hier veröffentlichen Details, dass die jeweiligen Akteure meist von persönlicher Betroffenheit angetrieben wurden.
103 Eidgenössisches Justiz- und Polizeidepartement 1963, S. 20; in den Schlussfolgerungen, ebd., Anhang I, S. 56–61, noch einmal wiederholt.
104 Ebd., S. 54.
105 Anselm Lauber, Brief an die PTT Bern, 29. Dezember 1960, Empa Archiv Dübendorf.
106 Siehe Furrer 1956; ders. 1961 [2. Aufl.]; ders. 1972 [3. Aufl., gemeinsam mit Lauber].
107 Marshall McLuhan, Brief an Wyndham Lewis, 18. Dezember 1954, in: Molinaro / McLuhan / Toye 1987, S. 245; Grosschreibung von «character» und «acoustic space» im Original.
108 Ebd. Vielzitiert und vieldiskutiert.
109 Zwischen 1953 und 1959 erschienen neun Ausgaben der von Carpenter gegründeten Zeitschrift *Explorations. Studies in Culture and Communication*, von 1964 bis 1972 wurde sie als Beilage in kleinerem Format von Marshall McLuhan herausgegeben; vgl. Molinaro / McLuhan / Toye 1987, S. 246; Gordon 1977, S. 162.
110 Vgl. Williams 1955.
111 Vgl. Carpenter / McLuhan 1960 und dazu Williams 1955.
112 Williams hatte sich vor der Publikation der Anthologie zurückgezogen; dass Carpenter und McLuhan den Text unter ihren eigenen Namen veröffentlichten, geschah dabei

ohne Williams' Einverständnis; vgl. Geiser 2018, S. 389–395. Siehe auch Cavell 2002, S. 16 und S. 21.

113 Carpenter / McLuhan 1960, S. 67.

114 In der späteren Auflage von *Eskimo* heisst es: «Auditory space has no favored focus. It's a sphere without fixed boundaries, space made by the thing itself, not space containing the thing.» Carpenter 1973, S. 35.

115 Vgl. ebd., S. 33. Für einen Vergleich der Erstausgabe *Eskimo* (1959) und der revidierten Ausgabe *Eskimo Realities* (1973) siehe Ponte 2012.

116 Sigfried Giedion, Brief an Douglas Haskell, 21. März 1957, Avery / Columbia University, Drawings and Archives. Im gleichen Archivbestand liegt auch eine frühere Textfassung, ebenfalls mit einem Begleitbrief an Haskell, vom 21. Juni 1956.

117 McLuhan 1960, S. 208.

118 William Chenery, The Noise of Civilization, in: *New York Times*, 1. Februar 1920, S. 13, zit. auf der ersten Seite der Introduction zu der von Scott Mahoy designten Website «The Roaring 'Twenties. An Interactive Exploration of the Historical Soundscape of New York City» von Emily Thompson, 2013, http://vectorsdev.usc.edu/NYCsound/777b.html (abgerufen am 1. Juli 2018).

119 Vgl. Thompson 2002.

120 Fuller 1938, S. 6.

121 Ebd., S. 1.

122 Simmel 1995, S. 121.

123 «Radio City est un temple de la technique installé dans l'un des gratte-ciel de Rockefeller Center. Le temple est solennel, tendu de marbre sombre, luisant de glaces claires montées dans des cadres d'acier inoxydable. Silence. Corridors et dégagements vastes; des portes s'ouvrent: ce sont les ascenseurs muets qui dégorgent les clients. Aucune fenêtre nulle part… Murs muets.» Corbusier 1937, S. 41–42.

124 Thompson 2002, S. 229–235, Zitat S. 231. Thompson beschreibt die Eröffnung der Radio City Music Hall am 27. Dezember 1932 als einschneidendes Ereignis, das – wie die zu Beginn ihres Buches und in der vorliegenden Untersuchung im ersten Kapitel zur «Objektivierung» geschilderte Eröffnung der Boston Symphony Hall im Jahr 1900 – einen Wendepunkt im Bau von Auditorien darstellte.

125 «Des spectateurs occupent dans chaque salle, au dehors, enfermés comme dans un aquarium de verre, un amphithéâtre. Ils peuvent parler; rien de leur potinage ne sortira de l'aquarium. […] Qu'entendent-ils? Le moindre son émis, transmis par un haut-parleur.» Corbusier 1937, S. 42; Übersetzung der Autorin.

126 Banham 1969, S. 162.

127 Vgl. Le Corbusier 1958, o. S.

128 Ein kürzerer Aufsatz behandelte bereits die hier besprochenen Klangspaziergänge: S. v. Fischer 2008. Eine quantitative Analyse englischer Fachbeiträge zu empirischen Soundscape-Studien, beginnend mit Southworths Artikel von 1969, zeigt ab 1999 eine Häufung an; siehe Axelsson 2018.

129 Neuhaus 1988 / 1990 / 2004, S. 1. Zum futuristischen Künstler Luigi Russolo siehe Russolo 1985; Edgar Varèse ist in diesem Kapitel bereits erwähnt worden; John Cage im Kapitel zur Objektivierung.

130 Vgl. Neuhaus 1988 / 1990 / 2004, S. 1 und S. 2.

131 Vgl. Cooke 2009, S. 32–35 (Abb. im gleichen Buch, ausserhalb des Aufsatzbereichs, auf S. 49.)

132 Vgl. Burckhardt 2006.

133 Vgl. Augoyard 1979; siehe auch Paquette / McCartney 2012, S. 137. Im Jahr 1978 hatten Henri Torgue und Jean-François Augoyard das Centre de recherche sur l'espace sonore et l'environnement urbain (CRESSON) als Teil der Architekturschule von Grenoble gegründet. Ihr gemeinsames interdisziplinäres Glossar ist ein Markstein an der Schnittstelle von Architektur und Sound Studies; siehe Augoyard / Torgue 1995. In den 1990er Jahren brachte der Architekt Pascal Amphoux die Ideen des CRESSON auch nach Zürich und

Lausanne; siehe Amphoux / Leroux / Liochon 1989; Amphoux u. a. 1995; Amphoux 1997. Gleichzeitig arbeitete der Geograf Justin Winkler in Basel mit den Ideen von Murray R. Schafer; siehe Winkler 1996.

134 Vgl. Certeau 1977; ders. 1988 [frz. 1980], S. 179–208; zu de Certeaus Aneignung von Augoyards unveröffentlichter Forschung siehe Winkler 2017, S. 12.

135 Siehe Koolhaas 1978.

136 Marshall McLuhan, Brief an R. Murray Schafer, 16. Dezember 1974, in: Molinaro / McLuhan / Toye 1987, S. 507.

137 Wie Östen Axelsson zeigt, ist die Geschichte des Soundwalks seit der ersten Publikation von 1969 noch fragmentiert und nicht eindeutig nachvollziehbar; vgl. Axelsson 2018.

138 György Kepes / Kevin Lynch, Draft Proposal to the Rockefeller Foundation for Perceptual Form in the City, 4. Dezember 1953, Kepes Papers, zit. n. R. Martin 2003, S. 138; vgl. Stierli 2010, S. 125.

139 Vgl. Stierli 2010, S. 125.

140 Siehe Kepes 1956.

141 Siehe Lynch 1960.

142 Michael Southworth, Gespräch mit der Autorin, 13. Juli 2013.

143 Ebd.

144 Ebd.

145 Die Kartierungen sind bisher unveröffentlicht und liegen im Privatarchiv von Michael Southworth.

146 In einem undatierten, um 1977 entstandenen Text kritisierte Kevin Lynch rückblickend selbst: «The samples were quite small, and were largely made up of middle-class professionals […].» Kevin Lynch, Environmental Perception: Research and Public Policy, o. D., MIT Libraries, Institute Archives and Special Collections, abgedruckt in: Lynch 1990, S. 239–246, Zitat S. 240.

147 Michael Southworth, Gespräch mit der Autorin, 13. Juli 2013. Die Identität der Probanden empirischer Studien unterliegt zwar strenger Diskretion, was aber nicht bedeutet, dass Southworth keine Anekdoten erzählt hätte.

148 Ebd.

149 Southworth 1967, S. 62. – Das spätere Projekt «City Signs and Lights» der Boston Redevelopment Authority und des U.S. Department of Housing and Urban Development, das der Referent von Michael Southworths Masterarbeit, Stephen Carr, leitete und an dem auch Southworth beteiligt war, arbeitete neben visuellen auch mit auditiven Markern in der Landschaft, etwa Scheinwerfern und Lautsprechern, die um einen Weiher verteilt wurden; vgl. Carr 1973. Sogar der Geruchssinn wurde mitbedacht: «In the City Signs and Lights project we did use multi-media to communicate information about the city: maps, video, light, sound. We even experimented with smell, but found that too difficult to manage.» Michael Southworth, E-Mail an die Autorin, 28. Juni 2018.

150 Southworth 1969, S. 52.

151 Vgl. Southworth 1969, S. 67. Der erste Redaktor von *Environment and Behavior* war Gary H. Winkel, ein Research Associate des 1964 begonnenen «Environmental Psychology Program» der City University of New York; vgl. Bonnes / Secchiaroli 1995.

152 Southworth 1969, S. 52 und S. 59.

153 Bekannt wurde Southworths Klangkarte der Innenstadt von Boston erst durch ihre Reproduktion in Schafers *The Tuning of The World*; vgl. Southworth 1969; Schafer 1977, S. 265; ders. 1994, S. 265; ders. 2010 [1977], S. 425.

154 Zeichnung im Privatbesitz von Michael Southworth. Dieselbe Reihenfolge von «Auditory / Visual / Visual + Auditory» erscheint auch in der Masterarbeit; vgl. Southworth 1967, S. 55 und S. 57.

155 Lynch, Foreword to *Environmental Knowing*, Stroudsburg, PA 1976, abgedruckt in: Lynch 1990, S. 233–238.

# Anhang

# Quellen, Literatur

## Archive

**Archivmaterialien (ungedruckte Quellen und Verzeichnisse)**

**AT&T** AT&T Archives and History Center, Warren, NJ

Bild- und Textmaterial zur Schallfotografie von F. K. Harvey and W. E. Kock (86-300110, PHO-0173-000525).

**Avery** Avery Architectural and Fine Arts Library, Columbia University, NY

Drawings and Archives, Briefe von Sigfried Giedion an Douglas Haskell, 1956–1957.

**CCA** Centre Canadien d’Architecture / Canadian Centre for Architecture, Montréal

Zeichnungen und Fotografien (in einem Ordner mit Dokumentations- und Werbematerial, den Peter Smithson dem CCA im Mai 1996 übergab) zum House of the Future, *Daily Mail Ideal Homes Exhibition*, London, England, 1956–1957 von Alison and Peter Smithson.

**Empa** Archiv der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Dübendorf

Dokumentesammlungen AI und AII (versch. Publikationen zur Akustik seit 1911).

Nachlass A. Lauber, Korrespondenzen 1957–1962.

Dokumentensammlung Willi Furrer (Schachteln mit Fotografien und Bildmaterialien).

**Empa-Ak** Archiv der Abteilung Akustik der Empa, Dübendorf

Dossier 2.2.20–20.12 (Couverts mit Referenzmaterialien und Baupläne für Laboratorien).

A1-98, Wasserwellenversuche (Bericht von Anselm Lauber).

AkuBer 0687–0732 (Schriftensammlung zur Akustik).

AkuBer 0732, C1 (Mappe mit versch. Publikationen Franz Max Osswald).

Dokumentensammlung aus dem Nachlass von Franz Max Osswald.

**ETH** ETH-Bibliothek Zürich

Hochschularchiv, SR2, Schulratsprotokolle 1929–1950.

Hochschularchiv, SR3, 1928, Pos. 170.1–31 und 1934, Pos. 232.14 und 1944, Pos. 222 und 1953, Pos. 215.264–265.

Hochschularchiv, Vorlesungsverzeichnisse der Jahre 1929–1944.

Hochschularchiv, Nachlass von Rolf Meyer-von Gonzenbach.

Hochschularchiv, Konvolut zu Franz Max Osswald.

Hochschularchiv, Nachlass Willi Furrer, nicht katalogisiert.

Bildarchiv, Ansichtensammlung und Diasammlung.

Bildarchiv, Akz. 2015–32 (Schallfotografien von Franz Max Osswald).

**FLC** Archives de la Fondation Le Corbusier, Paris

Correspondance, Lyon, Gustave (64–70), Correspondance avec L.C. 26.08.1927–09.02.1935.

Palais de la Sociéte des Nations, Genève, 1927, Rapport du jury.

Unité d’habitation, Marseille, 1950, O1–4, Insonorisation (correspondences, procès-verbals)

Unité d’habitation, Marseille, Nr. 33507 / 33508 / 33622 (dessins).

**GTA** gta Archiv, Institut für Geschichte und Theorie der Architektur, ETH Zürich

gta Archiv, Völkerbundpalast / Le Corbusier, Wettbewerbstafeln.

gta Archiv, Nachlass Karl Moser, Wettbewerb Völkerbundpalast, Juryberichte.

gta Archiv, Nachlass Hans Wittwer, Wettbewerb Völkerbundpalast.

gta Archiv, Nachlass Sigfried Giedion, Themendossier Völkerbundpalast.

gta Archiv, Nachlass Sigfried Giedion, Korrespondenz.

gta Archiv, Nachlass Alfred Roth, Korrespondenz 131-024.

gta Archiv, Nachlass Haefeli Moser Steiger, Doldertalhäuser.

gta Archiv, Nachlass Haefeli Moser Steiger, Kongresshaus Zürich.

**NIST** National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD

Research Library, Photo Archives, historical campus photographs.

Research Library, Photo Archives, *Redevelopment Program Survey*, National Bureau of Standards, U.S. Department of Commerce, Washington, D.C. Public Buildings Administration, Federal Works Agency, Washington, D.C., Project Nr. 49-118. October 1, 1948.

Research Library, Index, A Chronicle of Selected NBS and NIST publications, 1901-2000. NIST special publication 958. 2001.

**SIA** Archiv des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins, Zürich

Protokolle der Zentralen Normenkommission (ZNK), 1957–1971.

**PTT** Historisches Archiv und Bibliothek PTT, Köniz

P-260-2, Verzeichnis der Telephonnummern der Generaldirektion PTT sowie der Kreispostdirektionen, Telephondirektionen, Rundspruch-, Fernseh- und Radiotelephoniestationen.

Dokumentation Biographien, Generaldirektoren BI-GD, o.D.

**TIB** Technische Informationsbibliothek / Leibniz-Informationszentrum Technik und Naturwissenschaften und Universitätsbibliothek, Hannover

Semesterprogramme / Personalakte Az. 51-1-Michel, Eugen.

## Literatur


Achenbach, Paul R., *Building Research at the National Bureau of Standards*, hg. vom National Bureau of Standards, Washington, D. C. 1970 (*Building Science Series* 0).

Achleitner, Friedrich, *Österreichische Architektur im 20. Jahrhundert*, 4 Bde., Salzburg 1980.

Adorno, Theodor W., Funktionalismus heute, in: ders., *Gesammelte Schriften*, Bd. 10.1, hg. von Rolf Tiedemann, Frankfurt a. M. 1977, S. 375–395.

AICB (Hg.), *Lärmbekämpfung. Bericht über den 1. Internationalen Kongress für Lärmbekämpfung, 1.–3. März 1960 in Zürich und Baden*, Association internationale contre le bruit und Internationale Vereinigung gegen den Lärm, Erlenbach-Zürich / Stuttgart 1960.

Akustik der Konzertsäle, in: *Schweizerische Bauzeitung*, 109 (1937), Nr. 21, S. 257–258.

Amphoux, Pascal, *Paysage sonore urbain. Introduction aux écoutes de la ville*, Lausanne 1997.

Amphoux, Pascal, Martine Leroux und Pierre Liochon, *Le Bruit, la plainte et le voisin*, Grenoble 1989 (Publikation des Centre de recherche sur l'espace sonore CRESSON).

Amphoux, Pascal, u. a., *Aux écoutes de la ville. La qualité sonore des espaces publics européens. Méthode d'analyse comparative, enquête sur trois villes suisses*, Zürich 1995 (*Bericht des NFP «Stadt und Verkehr»* 10).

Amundsen, M. M., u. a., Manifestation des savants, des industriels, des poètes, des financiers en faveur du projet le Corbusier et Pierre Jeanneret, in: *Cahiers d'Art*, 3 (1928), Nr. 2, S. 87–88.

Arendt, Hannah, *Vita activa oder Vom tätigen Leben*, 11. Aufl. München 2013 (engl. Erstausg. *The Human Condition*, Chicago 1958).

Arnheim, Rudolf, *Rundfunk als Hörkunst*, München 1979 (engl. Erstausg. *Radio*, London 1936).

Aschoff, Volker, *Über das räumliche Hören*, Köln 1964.

Asendorf, Christoph, Hinter Glas. Wohnform und Raumerfahrung bei Musil, in: Reiner Matzker, Petra Küchler-Sakellariou und Marius Babias (Hg.), *Spiegelungen. Festschrift für Hans Schumacher zum 60. Geburtstag*, Frankfurt a. M. / Bern 1991, S. 185–195.
— Bodies in Force Fields. Design Between the Wars, in: Bruce Clarke und Linda Dalrymple Henderson (Hg.), *From Energy to Information. Representation in Science and Technology, Art, and Literature*, Stanford, CA 2002, S. 195–212.

Attali, Jacques, *Noise. The Political Economy of Music*, Minneapolis 1985 (franz. Erstausg. *Bruits. Essai sur l'économie politique de la musique*, Paris 1977).

Augoyard, Jean-Francois, *Pas à pas. Essai sur le cheminement quotidien en milieu urbain*, Paris 1979.

Augoyard, Jean-François, und Henry Torgue, *A l'écoute de l'environnement. Répertoire des effets sonores*, Marseille 1995.

Der Ausschnitt, in: *werk*, 49 (1962), Nr. 6, S. 193*.

Axelsson, Östen, Soundscape: From Michael Southworth and 50 Years Ahead, unveröffentlichtes Typoskript, Annual Congress 2018 der Association of European Schools of Planning (AESOP) in Göteborg, 13. Juli 2018.

Bächer, Max, u. a., *Das Wohnhochhaus. Hinweise für Planung, Ausführung und Betrieb*, Wiesbaden 1962 (*Veröffentlichung der Forschungsgemeinschaft Bauen und Wohnen* 68).

Banham, Reyner, Things to Come? Architecture and Industry Look into the Future, in: *Design*, Nr. 90 (Juli 1956), S. 24–28 und S. 55.
— A Home Is Not a House, in: *Art in America*, Nr. 2/1965 (April 1965), S. 70–79.
— *The Architecture of the Well-Tempered Environment*, London 1969.

Barsac, Jacques, *Charlotte Perriand. Un Art d'habiter, 1903–1959*, Paris 2005.

Baumann, Dorothea, *Music and Space. A Systematic and Historical Investigation into the Impact of Architectural Acoustics on Performance Practice Followed by a Study of Handel's Messiah*, Bern 2011.

Beauvoir, Simone de, *Amerika. Tag und Nacht*, Hamburg 1950 (franz. Erstausgabe *L'Amérique au jour le jour*, Paris 1948).

Bedell, E. H., Some Data on a Room Designed for Free Field Measurements, in: *The Journal of the Acoustical Society of America*, 8 (October 1936), Nr. 2, S. 118–125.

Benjamin, Walter, *Das Kunstwerk im Zeitalter seiner technischen Reproduzierbarkeit. Drei Studien zur Kunstsoziologie*, Frankfurt a. M. 1963.
— Das Telefon, in: ders, *Berliner Kindheit um neunzehnhundert*, Frankfurt a. M. 2006, S. 18–19.

Beranek, Leo L., *Acoustic Measurements*, New York 1949.
— *Noise Reduction*, New York 1960.
— *Music, Acoustics & Architecture*, New York 1962.
— *Concert and Opera Halls: How They Sound*, Woodbury, NY 1996.

— Subjective Rank-Orderings and Acoustical Measurements for Fifty-Eight Concert Halls, in: *Acta Acustica united with Acustica*, 89 (2003), Nr. 3, S. 494–508.
— *Concert Halls and Opera Houses. Music, Acoustics, and Architecture*, 2. neubearb. Ausg., New York 2004.
— *Riding the Waves. A Life in Sound, Science, and Industry*, Cambridge, MA 2008.

Beranek, Leo L., und John W. Kopec, Wallace C. Sabine: Acoustical Consultant, in: *The Journal of the Acoustical Society of America*, 69 (1981), Nr. 1, S. 1–16.

Beranek, Leo L., Harvey P. Sleeper Jr., und E. E. Moots, *The Design and Construction of Anechoic Sound Chambers. O.S.R.D. Report 4190*, Office of Scientific Research and Development, National Defense Research Committee. Electro-Acoustic Laboratory, Cruft Building, Harvard University, Cambridge, MA 1945.

Beranek, Leo L., und Harvey P. Sleeper Jr., The Design and Construction of Anechoic Sound Chambers, in: *The Journal of the Acoustical Society of America*, 18 (1946), Nr. 1, S. 140–150.

Berger, Richard, *Über die Schalldurchlässigkeit*, Diss. TH München 1911.
— *Die Schalltechnik*, Braunschweig 1926.
— Zur Geschichte der Lärmabwehrbewegung, in: *Die Schalltechnik*, 4 (1931), Nr. 1, S. 1–9.

Betsky, Aaron, *The U.N. Building*, London 2005.

Bienert, Michael, *Moderne Baukunst in Haselhorst. Geschichte, Bewohner und Sanierung der Reichsforschungssiedlung in Berlin-Spandau*, hg. von der GEWOBAG Wohnungsbau-Aktiengesellschaft Berlin, Berlin 2015.

Bienz, Peter, *Le Corbusier und die Musik*, Braunschweig / Wiesbaden 1998.

Bijker, Wiebe E., Thomas P. Hughes und Trevor J. Pinch (Hg.), *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge, MA 1987.

Bijsterveld, Karin, *Mechanical Sound. Technology, Culture, and Public Problems of Noise in the Twentieth Century*, Cambridge, MA 2008.

Blauert, Jens, *Räumliches Hören*, Stuttgart 1974.

Blaukopf, Kurt, *Musik im Wandel der Gesellschaft. Grundzüge der Musiksoziologie*, München 1984.

Blesser, Barry, und Linda-Ruth Salter, *Spaces Speak, Are You Listening? Experiencing Aural Architecture*, Cambridge, MA / London 2007.

Bloch-Champfort, Guy, Chez André Wogenscky et Marta Pan. Histoire d'un lieu, in: *Connaissance des Arts*, Nr. 658 (Mai 2006), S. 118–123.

Bobran, Hans W., *Handbuch der Bauphysik. Berechnungs- und Konstruktionsunterlagen für Schallschutz, Raumakustik, Wärmeschutz, Feuchtigkeitsschutz*. 3. neubearb. Aufl., Braunschweig 1976.

Bodenschatz, Harald, und Christiane Post (Hg.), *Städtebau im Schatten Stalins. Die internationale Suche nach der sozialistischen Stadt in der Sowjetunion 1929–1935*, Berlin 2003.

Böhme, Gernot, *Atmosphäre. Essays zur neuen Ästhetik*, Frankfurt a. M. 1995.
— *Architektur und Atmosphäre*, Paderborn 2006.

Bonnes, Mirilia, und Gianfranco Secchiaroli (Hg.), *Environmental Psychology. A Psycho-social Introduction*, Thousand Oaks, CA 1995.

Bovet, Jacques, La préfabrication lourde à Genève, in: *Bulletin technique de la Suisse romande*, 89 (1963), Nr. 10, S. 192–198.

Braun, Hans-Joachim, Lärmbelastung und Lärmbekämpfung in der Zwischenkriegszeit, in: Günter Bayerl und Wolfhard Weber (Hg.), *Sozialgeschichte der Technik. Ulrich Troitzsch zum 60. Geburtstag*, Münster 1998, S. 251–258.
— Music Engineers. The Remarkable Career of Winston E. Kock, Electronic Organ Designer and NASA Chief of Electronics, o. J. [1999], http://www.ieee.org/portal/cms_docs_iportals/iportals/aboutus/history_center/conferences/che2004/Braun.pdf (abgerufen am 8. November 2009; mittlerweile nicht mehr abrufbar).
— Turning a Deaf Ear? Industrial Noise and Noise Control in Germany Since the 1920s, in: Karin Bijsterveld und Trevor Pinch (Hg.), *The Oxford Handbook of Sound Studies*, Oxford 2011, S. 58–78.

Bräunlein, Jürgen, *Ästhetik des Telefonierens*, Berlin 1997.

Brüel, Per V., und Harry K. Zaveri, Of Acoustics and Instruments. Memoirs of a Danish Pioneer. Part I, in: *Sound and Vibration*, Februar 2008: *Instrumentation Reference*, S. 10–24.
— Of Acoustics and Instruments Memoirs of a Danish Pioneer. Part II, in: *Sound and Vibration*, August 2008: *Acoustics*, S. 14–32.

Bundesminister für Wohnungsbau (Hg.), *Baut ruhige Wohnungen*, Bad Godesberg 1957.

Bürck, Werner, *Die Schallmeßfibel für die Lärmbekämpfung. Eine Anleitung zur richtigen Verwendung von Luftschall- und Körperschall-Meßgeräten in der Praxis und zur sinngemäßen Beurteilung der Meßergebnisse, geschrieben für beruflich-technisch Interessierte oder Techniker, aber nicht für Spezialisten*, Mindelheim 1955.

— *Die Schallmeßfibel für die Lärmbekämpfung. Eine Anleitung zur richtigen Verwendung von Luftschall- und Körperschall-Meßgeräten in der Praxis und zur sinngemäßen Beurteilung der Meßergebnisse. Geschrieben für beruflich-technisch Interessierte oder Techniker, die sich in das Gebiet der Schalltechnik einarbeiten wollen*, 2. erw. Aufl., München 1960.

Burckhardt, Lucius, Spaziergangswissenschaft, in: ders., *Warum ist Landschaft schön? Die Spaziergangswissenschaft*, hg. von Markus Ritter und Martin Schmitz, Berlin 2006, S. 257–300.

Burgtorf, Wolfgang, und H. K. Oehlschlägel, Untersuchungen über die richtungsabhängige Wahrnehmbarkeit verzögerter Schallsignale, in: *Acta Acustica united with Acustica*, 14 (1964), Nr. 5, S. 254–266.

Burri, Monika, Fonds: Die Finanzspritzen der Industrie, 2005 (Beitrag im Rahmen der Webausstellung *ETHistory 1855–2005 – Zeitreisen durch 150 Jahre Hochschulgeschichte* des Instituts für Geschichte der ETH Zürich), http://www.ethistory.ethz.ch/besichtigungen/touren/vitrinen/konjunkturkurven/vitrine41/ (abgerufen am 1. Juli 2018).

Cage, John, Conversation with Morton Feldman, Nov. 19/83. Ein Gespräch zwischen John Cage, Morton Feldman, Francesco Pellizzi und Bunita Marcus, in: *MusikTexte,* 2 (1984), Nr. 5, S. 21–27.
— *I–VI. The Charles Eliot Norton Lectures 1988–1989*, Cambridge, MA 1990.

Calfas, Paul, La Nouvelle salle de concert Pleyel, à Paris. L'acoustique des salles des spectacles, in: *Le Génie civil*, 47 (1927), Nr. 18, S. 421–428.
— *La nouvelle salle Pleyel*, Paris 1927 (Sonderdruck der Zeitschrift *L'Architecte* mit sieben Bildtafeln).

Canguilhem, Georges, *Das Normale und das Pathologische*, München 1974 (franz. Erstausgabe 1966).

Carpenter, Edmund, *Eskimo Realities*, 2., überarb. Aufl., New York u. a. 1973 (Erstausgabe *Eskimo*, Toronto 1959).

Carpenter, Edmund, und Marshall McLuhan, Acoustic Space, in: dies. (Hg.), *Explorations in Communication. An Anthology*, Beacon Hill 1960, S. 65–70.

Carpenter, Edmund, und Marshall McLuhan (Hg.), *Explorations in Communication. An Anthology*, Beacon Hill 1960.

Carr, Stephen, *City Signs and Lights. A Policy Study*, Cambridge, MA 1973.

Cavell, Richard, *McLuhan in Space. A Cultural Geography*, Toronto 2002.

Certeau, Michel de, Pratiques d'espaces. La ville métaphorique, in: *Traverses*, 3 (1977), Nr. 9, S. 4–19.
— *Kunst des Handelns*, Berlin 1988 (franz. Erstausgabe *Arts de faire*, Paris 1980).

Cheatle, Emma, *Part-Architecture. The Maison de Verre, Duchamp, Domesticity and Desire in 1930s Paris*, London / New York 2017.

Chéronet, Louis, *Le Palais des la SDN*, Paris 1938.

Chi, Michelene T. H., Robert Glaser und Marshall J. Farr (Hg.), *The Nature of Expertise*, Hillsdale, NJ 1988.

Chrisler, Vivian L., Soundproofing of Apartment Houses, in: *Technologic Papers of the Bureau of Standards*, 21 (1927), S. 255–260.
— Measurement of Sound Transmission, in: *The Journal of the Acoustical Society of America*, 1 (1930), Nr. 2A, S. 175–180.
— Acoustical Work of the National Bureau of Standards, in: *The Journal of the Acoustical Society of America*, 7 (1935), Nr. 2, S. 79–87.

Chrisler, Vivian L., und Wilbert F. Snyder, Transmission of Sound Through Wall and Floor Structures, in: *Bureau of Standards Journal of Research*, 2 (1929), Nr. 3, S. 541–559 (*Research Paper* RP48).
— Soundproofing of Airplane Cabins, in: *Bureau of Standards Journal of Research*, 2 (1929), Nr. 5, S. 897–908 (*Research Paper* RP63).
— Recent Sound-Transmission Measurements at the National Bureau of Standards, in: *Journal of Research of the National Bureau of Standards*, 14 (1935), Nr. 6, S. 749–764.

Clarke, Bruce, und Linda Dalrymple Henderson (Hg.), *From Energy to Information, Representation in Science and Technology, Art, and Literature*, Stanford, CA 2002.

Cohen, Jean-Louis, *Le Corbusier and the Mystique of the USSR. Theories and Projects for Moscow 1928–1936*, Princeton, NJ 1992.

Colomina, Beatriz, *Privacy and Publicity. Modern Architecture as Mass Media*, Cambridge, MA 1994.
— Unbreathed Air, in: Dirk van der Heuvel und Max Risselada (Hg.), *Alison and Peter Smithson – From the House of the Future to a House of Today*, Rotterdam 2004, S. 31–49.

Colquhoun, Alan, Typology and Design Method, in: Charles Jencks and George Baird (Hg.), *Meaning in Architecture*, New York 1969, S. 266–277 (Erstveröffentlichung in: *Arena*, Architectural Association Journal, 83 [1967], Nr. 913, S. 11–14).

*Connaissance des arts*, Hors-série Nr. 295 (2006): *La salle Pleyel.*

Cooke, Lynn, Locational Listening, in: Max Neuhaus, *Times Square, Time Piece Beacon*, hg. von Lynne Cooke und Karen Kelly (Mitarbeit Barbara Schröder), New Haven / London 2009, S. 29–43 (Dia Art Foundation).

Corbin, Alain, *Pesthauch und Blütenduft. Eine Geschichte des Geruchs*, Frankfurt a. M. 1988 (franz. Erstausg. *Le Miasme et la jonquille*, Paris 1982).
— *Les Cloches de la terre. Paysage sonore et culture sensible dans les campagnes au XIXe siècle*, Paris 1994.

Cremer, Lothar, Die physikalischen Grundlagen der Raumakustik, in: *Akustische Zeitschrift*, 1 (1936), Nr. 1, S. 134–145.
— *Die wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustik*, Bd. 1: *Geometrische Raumakustik*, Zürich 1949.
— *Die wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustik*, Bd. 3: *Wellentheoretische Raumakustik*, Zürich 1950.
— *Die wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustik*, Bd. 2: *Statistische Raumakustik* , Zürich 1961.
— Die raum- und bauakustischen Maßnahmen beim Wiederaufbau der Berliner Philharmonie, in: *Die Schalltechnik*, 24 (1964), Nr. 1, S. 1–11.

Cremer, Lothar, und Manfred Heckl, *Körperschall. Physikalische Grundlagen und technische Anwendungen*, Berlin 1967.

Cremer, Lothar, und Matthias Hubert, *Entwicklung eines veränderbaren Vergleichshammerwerkes. Bericht über Untersuchungen im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung*, IV 1 – 4113 Nr. 228/4/63 (Forschungsbericht F 33), Technische Universität Berlin, 30. April 1967.

Darò, Carlotta, *La Dimension sonore en architecture. L'Éxperience du «paysage sonore» (1969–1982)*, Diss. Université de Paris1-Panthéon Sorbonne 2007.
— *Avant-gardes sonores en architecture*, Dijon 2013.
— *Les Murs du son. Le «Poème électronique» au Pavillon Philips*, Paris 2015.
— Sound Conduits, in: Moritz Gleich und Laurent Stalder (Hg.), *Architecture / Machine. Programs, Processes and Performances* (gta papers 1), Zürich 2017, S. 110–123.
— Lines for Listening. On Gustave Lyon's Geometrical Approach to Acoustics, in: *The Journal of Architecture*, 23 (2018), Special Issue: *Sound Modernities. Histories of Media and Modern Architecture*, hg. von Sabine von Fischer und Olga Touloumi, S. 881–902.

Daston, Lorraine, und Peter Galison, The Image of Objectivity, in: *Representations*, Nr. 40 (Herbst 1992): *Seeing Science*, S. 81–128.
— *Objectivity*, New York 2010 (Erstausgabe Cambridge, MA 2007).

Davies, Colin, *The Prefabricated Home*, London 2005.

Davis, A. H., und G. W. C. Kaye, *The Acoustics of Buildings*, London 1927.

Devanthéry, Patrick, und Ines Lamunière, Das Völkerbundsgebäude: Ein moderner Palast?, in: Werner Oechslin (Hg.), *Le Corbusier & Pierre Jeanneret: Das Wettbewerbsprojekt für den Völkerbundspalast in Genf 1927. À la recherche d'une unité architecturale*, Zürich 1988, S. 74–94 (franz. Erstpubl. La S.d.N. – Un Palais moderne?, in: Isabelle Charollais und Andre Ducret [Red.], *Le Corbusier à Genève 1922–1932. Projets et réalisations*, Ausst.-Kat. Immeuble Clarté und Galerie Bonnier, Genf, Lausanne 1987, S. 17–34).

DIN 4110:1934, Technische Bestimmungen für die Zulassung neuer Bauweisen, hg. vom Deutschen Normenausschuß, in: *Zentralblatt der Bauverwaltung vereinigt mit Zeitschrift für Bauwesen*, 54 (1934), Nr. 9, S. 563–568.

DIN 4110:1938, Technische Bestimmungen für Zulassung neuer Bauweisen, hg. vom Deutschen Normenausschuß, in: *Zentralblatt der Bauverwaltung vereinigt mit Zeitschrift für Bauwesen*, 58, Nr. 32 (1938), S. 879–887.

Dommann, Monika, Antiphon. Zur Resonanz des Lärms in der Geschichte, in: *Historische Anthropologie*, 14 (2006), Nr. 1, S. 133–146.

Dörhöfer, Kerstin (Hg.), *Die Berliner Architektin Hilde Weström. Bauten 1947–1981*, Ausst.-Kat. Das Verborgene Museum Berlin, Berlin 2000.

Dürrenmatt, Friedrich, *Die Physiker. Eine Komödie in zwei Akten*, Zürich 1985.

Durth, Werner, *Deutsche Architekten. Biographische Verflechtungen 1900–1970*. 2., durchges. Aufl., Braunschweig 1987.
— Im Sog des Erfolgs. Biographische Verflechtungen Neuferts, in: Walter Prigge (Hg.), *Ernst Neufert. Normierte Baukultur im 20. Jahrhundert*, Frankfurt a. M. 1999, S. 35–56.

Eckhardt, Engelhardt A., und Vivian L. Chrisler, Transmission and Absorption of Sound By Some Building Materials, Report S–526, in: *Scientific Papers of the Bureau of Standards*, 21 (1926–1927), S. 37–63.

Eggenschwiler, Kurt, und Sabine von Fischer, Geschichte der Akustik an der ETH Zürich und an der Empa Dübendorf, in: *Proceedings DAGA 2014*, 40. Jahrestagung für Akustik, Oldenburg 2014, S. 764–765.

Eidgenössisches Justiz- und Polizeidepartment (Hg.), *Lärmbekämpfung in der Schweiz. Bericht der Eidgenössischen Expertenkommission an den Bundesrat*, Bern 1963.

Eisinger, Angelus, *Städte bauen. Städtebau und Stadtentwicklung in der Schweiz 1940–1970*, Zürich 2004.

Engl, Joseph Benedict, *Raum- und Bauakustik. Ein Leitfaden für Architekten und Ingenieure*, Leipzig 1939.

Epprecht, Georg Walter, Günther Kurtze und Anselm Lauber, Bau eines reflexionsfreien Raumes für Schallwellen und elektrische Dezimeterwellen, in: *Akustische Beihefte, unter dem Patronat der internationalen akustischen Zeitschrift Acustica*, 4 (1954), Nr. 2, S. 567–577.

Espinet, David, *Phänomenologie des Hörens. Eine Untersuchung im Ausgang von Martin Heidegger*, Tübingen 2009.

Fantel, Hans, Back to Square One for Avery Fisher Hall, in: *High Fidelity*, 26 (1976), Nr. 10, S. 70–80.

Feaster, Patrick, *Pictures of Sound. One Thousand Years of Educed Audio, 980–1980*, Atlanta 2012.

Fechner, Gustav Theodor, *Elemente der Psychophysik*, Leipzig 1860.

Feld, Steven, Places Sensed, Senses Placed, in: David Howes (Hg.), *Empire of the Senses. The Sensual Culture Reader*, Oxford 2005, S. 171–191.
— Acoustemology, in: David Novak und Matt Sakakeeny (Hg.), *Keywords in Sound*, Durham, NC 2015, S. 12–21.

Fickinger, William, *Miller's Waves. An Informal Scientific Biography*, Cleveland, OH 2011.

Fischer, Jürg, Zur Geschichte der SIA-Tragwerksnormen, in: *tec21*, 138 (2012), Nr. 15–16, S. 34.

Fischer, Sabine von, The Abyss of Glass [Rezension zu Josep Quetglas, *Fear of Glass*, Barcelona 2001], in: *ARQ*, 6 (2002), Nr. 3, S. 277–282.

— Module, Systeme, Normen – Baurationalisierung zwischen 1960 und 1970, in: *werk, bauen und wohnen*, 95 (2008), Nr. 9, S. 26–29.
— Versuche, die Musik der Welt zu erfassen. Klanglandschaftsstudien als Pädagogik, als Kunst und als Forschung, in: *Archithese*, 38 (2008), Nr. 6, S. 56–59.
— Les Pas, le son et les bruits de machine / Sonic Turn?, in: *Corps sonore. Architecture et son*, Broschüre zur gleichnamigen Ausstellung (25. September bis 28. November 2009), Archizoom, EPFL, Lausanne 2009, o. S., https://archizoom.epfl.ch/files/content/sites/archizoom/files/shared/Corps%20sonore/guide_fr.pdf (abgerufen am 1. Juli 2018).
— From Seat Cushions to Formulae. Understanding Spatial Acoustics in Physics and Architecture, in: Florence Feiereisen und Alexandra Merley Hill (Hg.), *Germany in the Loud Twentieth Century. An Introduction*, New York 2011, S. 63–80.
— Akustik, angewandt und anverwandelt. Beschreibungen von Klang in Architektur und Physik um 1920, in: *Candide. Journal for Architectural Knowledge*, Nr. 6 (2012), S. 13–44.
— Hammerwerk. Der Apparat, der Schritte in standardisierten Schall übersetzte, in: Axel Volmar und Andi Schoon (Hg.), *Das geschulte Ohr. Eine Kulturgeschichte der Sonifikation*. Bielefeld 2012, S. 111–128.
— Konzerträume, «von Gesang imprägniert»? : Kontroversen um die Verwissenschaftlichung der Töne im 20. Jahrhundert, in: Sigrid Brandt und Andrea Gottdang (Hg.), *Rhythmus. Harmonie. Proportion. Zum Verhältnis von Architektur und Musik*, Worms 2012, S. 117–122.
— Lautsphäre, in: Stephan Günzel und Franziska Kümmerling (Hg.), *Lexikon der Raumphilosophie*, Darmstadt 2012, S. 228–229.
— Von der Konstruktion der Stille zur Konstruktion der Intimität, in: Axel Volmar und Jens Schröter (Hg.), *Auditive Medienkulturen*, Bielefeld 2013, S. 249–268.
— *Hellhörige Häuser. Akustik als Funktion der Architektur, 1920–1970*, Diss. ETH Zürich 2013.
— Umstrittene Normierung. Eine deutsche Architekturdebatte der Nachkriegszeit, in: *trans*, 24 (2014): *normiert*, S. 102–107.
— Dynamique ou uniformisation?, in: *matières*, 12 (2015), S. 116–131.
— Das laute Leben der anderen, in: *werk, bauen und wohnen*, 102/69 (2015), Nr. 12, S. 84–87.
— Tapping Machines. Listening to Difference, 1928–1956, in: Moritz Gleich und Laurent Stalder (Hg.), *Architecture / Machine. Programs, Processes, and Performances* (*gta papers* 1), Zürich 2017, S. 124–134.
— A Visual Imprint of Moving Air: Methods, Models and Media in Architectural Sound Photography, ca. 1930, in: *Journal of the Society of Architectural Historians*, 76 (2017), Nr. 3, S. 326–348.
— Architektur, in: *Handbuch Sound. Geschichte – Begriffe – Ansätze,* hg. von Daniel Morat und Hansjakob Ziemer, Berlin 2018, S. 98–101.
— Debating Volume: Architectural vs. Electrical Amplification in the League of Nations, 1926–1928, in: *The Journal of Architecture*, 23 (2018), Special Issue: *Sound Modernities. Histories of Media and Modern Architecture*, hg. von Sabine von Fischer und Olga Touloumi, S. 904–935.

Fitch, James Marston, *American Building. The Forces That Shape It*, Boston, MA 1948.
— *American Building. The Environmental Forces That Shape It*, überarb. Aufl., Cambridge, MA 1972.

Fletcher, Harvey, *Speech and Hearing*, New York 1929.
— Biographical Memoir of Dayton Clarence Miller, in: National Academy of Sciences of the United States of

America (Hg.), *Biographical Memoirs*, Bd. 13 (Third Memoir), Washington, D. C. 1943, S. 59–66.

Fokker, Adriaan Daniël, On the Construction of Reflectors, in: *Archives du Musée Teyler*, Ser. 3, Bd. 7 (1930), S. 73–76 (mit zwei Bildtafeln).

Fokker, Adriaan Daniël, und Maximiliaan Julius Otto Strutt, Measurement on the Acoustic Efficiency of Specially Designed Sound Reflectors, in: *Archives du Musée Teyler*, Ser. 3, Bd. 7 (1930), S. 77–87.

Foley, Arthur L., Sound Wave Photography in the Study of Architectural Acoustics, in: *The American Architect – The Architectural Review*, 122 (1922), Nr. 2406, S. 415–418.

Foley, Arthur L., und Wilmer H. Souder, A New Method of Photographing Sound Waves, in: *Physical Review*, 35 (1912), Nr. 5, S. 373–386.

Forward to Back-to-Back Housing: A Preview of the Smithsons' Ideal Home, in: *The Architects' Journal*, 1. März 1956, S. 236–237.

Forsyth, Michael, *Buildings for Music. The Architect, the Musician, and the Listener from the Seventeenth Century to the Present Day*, Cambridge, MA 1985.

Frampton, Kenneth, Maison de Verre, in: *Perspecta*, 12 (1969), S. 77–109 und S. 111–128.
— Le Corbusier and «l'Esprit Nouveau», in: *Oppositions*, Nr. 15–16 (Winter / Frühjahr 1979), S. 13–58.

Franz, Shepherd Ivory, A Noiseless Room for Sound Experiments, in: *Science*, 26 (1907), Nr. 677, S. 878–881.

Frei, Hans, *Elektroakustische Untersuchungen in Hallräumen*, Diss. ETH Zürich 1935.

Füeg, Franz, Industrielles Bauen. Diskussionsbeitrag an der Tagung des BSA, 2. Oktober 1959, in: *werk*, 47 (1960), Nr. 1, S. 7–8.

Füeg, Franz, und Paul Waltenspühl, «Wir leben in der Tradition der sechziger Jahre». Ein Gespräch, in: *Werk, Bauen und Wohnen*, 76 (1989), Nr. 7/8, S. 34–43.

Führ, Eduard, Zur Rezeption von «Bauen, Wohnen, Denken» in der Architektur (Einleitung), in: ders. (Hg.), *Bauen und Wohnen – Building and Dwelling: Martin Heideggers Grundlegung einer Phänomenologie der Architektur*, Münster 2000, S. 9–13.

Fuller, Richard Buckminster, *Nine Chains to the Moon. An Adventure Story of Thought*, Philadelphia 1938.
— The Music of The New Life. Thoughts on Creativity, Sensorial Reality, and Comprehensiveness. Part I, in: *Music Educators Journal*, 52 (1966), Nr. 5, S. 46–48 und S. 124–146.
— The Music of The New Life. Thoughts on Creativity, Sensorial Reality, and Comprehensiveness. Part II, in: *Music Educators Journal*, 52 (1966), Nr. 6, S. 52–68.
— The Music of the New Life, in: ders., *Utopia or Oblivion. The Prospects for Humanity*, 6. Aufl., New York 1969, S. 23–96.

Furrer, Willi, Schallschluckstoffe, in: *Schweizerische Bauzeitung*, 111 (1938), Nr. 17, S. 216–219.
— *Beitrag zur Akustik von Radio-Studios*, Habil.-Schrift ETH Zürich 1941.
— Eindrücke aus den Vereinigten Staaten von Amerika, in: *Technische Mitteilungen PTT*, 25 (1947), Nr. 5, S. 199–211.
— Radiostudios, in: *Technische Mitteilungen PTT*, 32 (1954), Nr. 11, S. 430–436.
— *Raum- und Bauakustik für Architekten*, Basel / Stuttgart 1956; 2., durchges. und erw. Aufl. unter dem Titel *Raum- und Bauakustik, Lärmabwehr*, Basel / Stuttgart 1961; 3., durchges. und erw. Aufl. gemeinsam mit Anselm Lauber, ebenfalls unter dem Titel *Raum- und Bauakustik, Lärmabwehr*, Basel / Stuttgart 1972.

Furrer, Willi, u. a., Tonhalle und Kongresshaus in Zürich. Akustische Massnahmen, in: *Schweizerische Bauzeitung*, 121 (1943), Nr. 24, S. 287–292.

Galison, Peter, und Caroline A. Jones, Factory, Laboratory, Studio: Dispersing Sites of Production, in: Peter Galison und Emily Thompson (Hg.), *The Architecture of Science*, Cambridge, MA 1999, S. 497–540.

Gallati, Mischa, *Gedämpfter Lärm. Die Schweizerische Liga gegen den Lärm, 1956–1966*, Zürich 2004.

Galt, Rogers H., Results of Noise Surveys, Part I. Noise Out-of-Doors, in: *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2 (1930), Nr. 1, S. 30–58.

Gastell, A., Schalldämmungen in der Praxis und Vorschläge zur Normung des Schallschutzes von Wohnungstrennwänden und Decken, in: *Akustische Zeitschrift*, 1 (1936), Nr. 1, S. 24–35.

Geimer, Peter (Hg.), *Ordnungen der Sichtbarkeit. Fotografie in Wissenschaft, Kunst und Technologie*, Frankfurt a. M. 2002.

Geisel, Sieglinde, Lärm, in: Daniel Morat und Hansjakob Ziemer (Hg.), *Handbuch Sound. Geschichte – Begriffe – Ansätze*, Stuttgart / Weimar 2018, S. 199–204.

Geiser, Reto, *Giedion and America: Repositioning the History of Modern Architecture*, Zürich 2018.

Georgiadis, Sokratis, *Sigfried Giedion. Eine intellektuelle Biographie*, Zürich 1989.
— Eine Apologie der Gegenwart. Sigfried Giedions «operative Kritik», in: *Arch+*, Nr. 200 (2010), S. 64–69.

Gess, Nicola, Das Wesen hören. Ideologien des Klanglichen von 1750 bis heute, in: Wolf Gernard Schmidt (Hg.), *Klang – Ton – Musik. Theorien und Modelle (national)kultureller Identitätsstiftung*, Hamburg 2014, S. 97–116.

Giedion, Sigfried, Der Wettkampf um das Haus der Nationen, in: *Neue Zürcher Zeitung*, 28. März 1927 (Morgenausgabe), Blatt 1. – Fast wortgleicher Wiederabdruck unter gleichem Titel in: *Frankfurter Zeitung*, 22. April 1927.
— Schweizer Erfolge am Wettkampf um das Völkerbundgebäude, in: *Neue Zürcher Zeitung*, 15. Mai 1927 (zweite Sonntagsausgabe), Blatt 1. – Fast wortgleicher Wiederabdruck unter gleichem Titel in: *Basler Nachrichten*, 27. Juni 1927.
— Die Architektur am Wendepunkt. Anmerkungen zum Wettbewerb um das Völkerbundgebäude, in: *Neue Zürcher Zeitung*, 24. Juli 1927 (erste Sonntagsausgabe), Blatt 4, und – als Fortsetzung – 24. Juli 1927 (zweite Sonntagsausgabe), Blatt 6.
— Wer baut das Völkerbundgebäude?, in: *Bauwelt*, 18 (1927), Nr. 44, S. 1093–1098.

[Giedion, Sigfried], Fort mit den Geräuschen!, in: *Schweizerische Bauzeitung*, 105 (1935), Nr. 10, Sondernummer *weiterbauen*, Nr. 4: *Das Bad von heute und gestern II*, S. 29.

Giedion, Sigfried, Space Conception in Prehistoric Art, in: Edmund Carpenter und Marshall McLuhan (Hg.), *Explorations in Communication*. An Anthology, Beacon Hill 1960, S. 71–89.
— *Raum, Zeit, Architektur. Die Entstehung einer neuen Tradition*, Zürich 1992 (erste dt. Übersetzung Ravensburg 1965).
— *Space, Time and Architecture. The Growth of a New Tradition*, Cambridge, MA 2002 (Erstausgabe Cambridge, MA 1941).

Glassie, John, *Der letzte Mann, der alles wusste. Das Leben des exzentrischen Genies Athanasius Kircher*, Berlin 2014 (amerikan. Erstausgabe *A Man of Misconceptions*, New York 2013).

Goodyear, John, Escaping the Urban Din. A Comparative Study of Theodor Lessing's *Antilärmverein* (1908) and Maximilian Negwer's *Ohropax* (1908), in: Florence Feiereisen und Alexandra Merley Hill (Hg.), *Germany in the Loud Twentieth Century. An Introduction*, New York 2011, S. 19–34.

Gordon, W. Terrence, *Marshall McLuhan. Escape into Understanding*, Toronto 1977.

Gösele, Karl, *Der Trittschallschutz von Decken, Dämmstoffen und Gehbelägen*, Stuttgart 1951 (*Schriftenreihe der Forschungsgemeinschaft Bauen und Wohnen* 11).
— *Über die Schalldämmung von Leichtwänden*, Stuttgart 1951 (*Schriftenreihe der Forschungsgemeinschaft Bauen und Wohnen* 14).
— *Die schalltechnischen Eigenschaften von Holzwolle-Leichtbauplatten*, Stuttgart 1955 (*Schriftenreihe der Forschungsgemeinschaft Bauen und Wohnen* 41).
— *Zur Messung und Beurteilung des Trittschallschutzes*, Stuttgart 1959 (*Schriftenreihe der Forschungsgemeinschaft Bauen und Wohnen* 55).
— Bautechnische Maßnahmen zur Erhöhung der Wohnruhe, in: AICB (Hg.), *Neue Maßnahmen gegen den Lärm / Mesures nouvelles contre le bruit / New measures against noise. 2. Internationaler Kongress für Lärmbekämpfung, Salzburg, 16.–18. Mai 1962*. Internationale Vereinigung gegen den Lärm, Association internationale contre le bruit, International Association Against Noise, Wien 1963, ohne Paginierung.

Gösele, Karl, und Walter Schüle, *Schall – Wärme – Feuchtigkeit. Grundlagen, Erfahrungen und praktische Hinweise für den Hochbau*, Wiesbaden / Berlin 1965 (*Schriftenreihe der Forschungsgemeinschaft Bauen und Wohnen* 75).

Göttert, Karl-Heinz, *Geschichte der Stimme*, München 1998.

Greenslade, Thomas B. Jr., The Foley Acoustic Wave Front Slides, in: *The Physics Teacher*, 42 (2004), Nr. 4, S. 231–235.

Grimm, Jacob, Wilhelm Grimm (Begründer) und Moriz Heyne (Bearbeiter), [Art.] Lärm, in: *Deutsches Wörterbuch von Jacob Grimm und Wilhelm Grimm*, Teil 6 (i.e. Bd. 12): *L–M*, Leipzig 1885, Sp. 202–205; online unter: www.woerterbuchnetz.de/DWB?lemma=laerm (abgerufen am 1. Juli 2018).

Gubler, Jacques, *Nationalisme et internationalisme dans l'architecture moderne de la Suisse*, 2. korr. Aufl., Genf 1988.

Gubler, Jacques, und Richard Quincerot, Da Maratona a Ginevra, in: *Parametro*, Nr. 140 (Oktober 1985), S. 24–31.

Gugerli, David, Patrick Kupper und Daniel Speich, *Die Zukunftsmaschine. Konjunkturen der ETH Zürich 1855–2005*, Zürich 2005.
— ETHistory 1855–2005. Zeitreisen durch 150 Jahre Hochschulgeschichte, Zürich 2005, www.ethistory.ethz.ch (abgerufen am 1. Juli 2018).

Guicking, Dieter, *Erwin Meyer. Ein bedeutender deutscher Akustiker. Biographische Notizen*, Göttingen 2012, auch online unter http://www.guicking.de/dieter/Erwin-Meyer.pdf (abgerufen am 1. Juli 2018).

Guski, Rainer, *Lärm. Wirkungen unerwünschter Geräusche*, Bern 1987.

— Status, Tendenzen und Desiderate der Lärmwirkungsforschung zu Beginn des 21. Jahrhunderts, in: *Zeitschrift für Lärmbekämpfung*, 49 (2002), Nr. 6, S. 219–232.

Haas, Helmut, Über den Einfluß eines Einfachechos auf die Hörsamkeit von Sprache, in: *Acustica*, 1 (1951), S. 49–58.

Hale, Beth, Folding Front Doors and Blow-Dry Showers: How a 1956 Vision of Today's Homes Got It Wrong, in: *Daily Mail*, 14. Februar 2008, www.dailymail.co.uk/news/article-514227 (abgerufen am 1. Juli 2018).

Hammerbacher, Valerie, und Dorothee Keuerleber, *Weißenhofsiedlung Stuttgart. Wohnprogramm der Moderne*. Festschrift zum 75-jährigen Bestehen der Weißenhofsiedlung, Stuttgart 2002.

Harris, Dianne, A Tiny Orchestra in the Living Room. High-Fidelity Stereo and the Postwar House, in: *Places Journal*, April 2015, https://placesjournal.org/article/a-tiny-orchestra-in-the-living-room/ (abgerufen am 1. Juli 2018).

Harris, Mary Emma, *The Arts at Black Mountain College*, Cambridge, MA 1987.

Harwood, John, und Janet Parks, *The Troubled Search. The Work of Max Abramovitz*, Ausst.-Kat. Miriam and Ira D. Wallach Art Gallery, New York 2004.

Hartley, R. V. L., «TU» becomes «Decibel», in: *Bell Laboratories Record*, 7 (1928), Nr. 4, S. 137–139.

Harvey, Floyd K., Winston E. Kock. 1909–1982, in: *The Journal of the Acoustical Society of America*, 73 (1983), Nr. 4, S. 1398.

Heckl, Manfred, und Heinz Westphal, Einfaches Gerät zur Abschätzung des Trittschallschutzes (Vergleichshammerwerk), in: *Bundesbaublatt*, 6 (1957), Nr. 9, S. 458–459.

Heidegger, Martin, Bauen Wohnen Denken [1951, Vortrag auf dem zweiten Darmstädter Gespräch mit dem Titel «Mensch und Raum»], in: ders., *Vorträge und Aufsätze*, Stuttgart 1994, S. 139–156.

Helmholtz, Hermann von, *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*, Frankfurt a. M. 1981 (Erstausgabe Braunschweig 1863).

Heuvel, Dirk van den, und Max Risselada (Hg.), *Alison and Peter Smithson – From the House of the Future to a House of Today*, Rotterdam 2004.

Hickethier, Knut, Die Erfindung des Rundfunks in Deutschland, in: Werner Faulstich (Hg.), *Die Kultur der 20er Jahre*, Paderborn 2008, S. 217–238.

Hildebrand, Sonja, Bruno Maurer und Werner Oechslin (Hg.), *Haefeli Moser Steiger. Die Architekten der Schweizer Moderne*, Zürich 2007.

Hines, Thomas S., *Richard Neutra and the Search for Modern Architecture*, New York / Oxford 1982.

Hofmann, Robert, *Überprüfung der Immissionsgrenzwerte für Lärm. Grundlagenpapier: Der geschichtliche Werdegang der Lärmgrenzwerte*, im Auftrag der Eidgenössischen Kommission für Lärmbekämpfung und des Bundesamts für Umwelt BAFU, Bern 2009, www.eklb.admin.ch/fileadmin/eklb-dateien/dokumentation/EKLB_2009_Grundlagenpapier_Geschichte.pdf (abgerufen am 1. Juli 2018).

Hoffmann, Christoph, und Peter Berz, Mach / Salchers Versuch: Anordnung, Durchführung, in: dies. (Hg.), *Über Schall. Ernst Machs und Peter Salchers Geschoßfotografien*, Göttingen 2001, S. 17–38.

Holl, Susanne, Strahl und Welle. Bilder des Schalls um 1800, in: Christoph Hoffmann und Peter Berz (Hg.), *Über Schall. Ernst Machs und Peter Salchers Geschoßfotografien*, Göttingen 2001, S. 171–198.

Hughes, Thomas P., Technological Momentum, in: Merritt Roe Smith und Leo Marx (Hg.), *Does Technology Drive History? The Dilemma of Technological Determinism*, Cambridge, MA / London 1994, S. 101–114.

Hui, Alexandra, Labor, in: Daniel Morat und Hansjakob Ziemer (Hg.), *Handbuch Sound. Geschichte – Begriffe – Ansätze*, Stuttgart / Weimar 2018, S. 282–286.

Imhasly, Patrick, Viel Lärm um nichts, in: *Neue Zürcher Zeitung*, 1. Juli 2012, S. 53.

Ingold, Tim, Landscape or Weather-World?, in: ders., *Being Alive. Essays on Movement, Knowledge and Description*, London 2011, S. 126–135.

Jaffe, J. Christopher, *The Acoustics of Performance Halls. Spaces for Music from Carnegie Hall to the Hollywood Bowl*, New York 2010.

Jäger, Gustav, *Zur Theorie des Nachhalls. Aus den Sitzungsberichten der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, 120, Abt. IIa*, Wien 1911.

Jandl, H. Ward, John A. Burns und Michael Auer, *Yesterday's Houses of Tomorrow. Innovative American Homes 1850 to 1950*, Washington, D.C. 1991.

Janovsky, Wilhelm, und Friedrich Spandöck, Aufbau und Untersuchung eines schallgedämpften Raumes, in: *Akustische Zeitschrift*, 2 (1937), Nr. 5, S. 322–331.

Janson, Alban, und Carsten Krohn, *Le Corbusier – Unité d'habitation, Marseille*, Stuttgart 2007.

Jasper, Sandra, Acoustic Ecology. Hans Scharoun and Modernist Experimentation in West Berlin, in: Matthew Gandy und Benny Nilsen (Hg.), *The Acoustic City*, Berlin 2014, S. 145–155.
— Sonic Refugia: Nature, Noise Abatement, and Landscape Design, in: *The Journal of Architecture*, 23 (2018), Special Issue: *Sound Modernities. Histories of Media and Modern Architecture*, hg. von Sabine von Fischer und Olga Touloumi, S. 936–960.

Jenkins, David, *Le Corbusier. Unité d'Habitation, Marseille*, London 1993.

Joedicke, Jürgen, und Christian Plath, *Die Weißenhofsiedlung*, Stuttgart 1968 (*Stuttgarter Beiträge* 4).

Jones, Caroline A., The Mediated Sensorium, in: dies. (Hg.), *Sensorium. Embodied Experience, Technology, and Contemporary Art*, Cambridge, MA 2006, S. 5–49.

Just, Paul, Der Heulsummer und seine Verwendung bei raumakustischen Messungen, in: *Die Schalltechnik*, 2 (1929), Nr. 1, S. 5–9.

Kaden, Christian, *Musiksoziologie*, Wilhelmshaven 1985.

Kahn, Douglas, *Noise, Water, Meat. A History of Sound in the Arts*, Cambridge, MA 1999.
— Concerning the Line: Music, Noise, and Phonography, in: Bruce Clarke und Linda Dalrymple Henderson (Hg.), *From Energy to Information, Representation in Science and Technology, Art, and Literature*, Stanford, CA 2002, S. 178–194.

Kalff, Louis C., [Einleitung ohne Titel], in: Le Corbusier, *Le Pòeme électronique. Das elektronische Gedicht*, dt. Kat.-Ausgabe, hg. von der Firma Philips, verwirklicht von der Centrale Graphique unter Leitung von Jean Petit, Brüssel 1958, ohne Paginierung.

Kang, Jian, und Brigitte Schulte-Fortkamp (Hg.), *Soundscape and the Built Environment*, Boca Raton, FL 2016.

Kaye, G. W. C., The Acoustical Work of the National Physical Laboratory, in: *The Journal of the Acoustical Society of America*, 7 (1936), Nr. 3, S. 167–177.

Kelman, Ari Y., Rethinking the Soundscape. A Critical Genealogy of a Key Term in Sound Studies, in: *Senses and Society*, 5 (2010), Nr. 2, S. 212–234.

Kepes, György, *The New Landscape in Art and Science*, Chicago 1956.

Kirsch, Karin, *Die Weißenhofsiedlung. Werkbund-Ausstellung «Die Wohnung», Stuttgart 1927*, Stuttgart 1987.
— *Werkbund-Ausstellung «Die Wohnung», Stuttgart 1927. Die Weißenhofsiedlung*, Ausst.-Kat. Institut für Auslandsbeziehungen, Stuttgart 1993.

Kittler, Friedrich, *Grammophon, Film, Typewriter*, Berlin 1986.

Knight, David C., *The First Book of Sound. A Basic Guide to the Science of Acoustics*, New York 1960.

Knudsen, Vern O., *Architectural Acoustics*, New York 1932.

Kock, Winston E., *Seeing Sound*, New York 1971.
— *Schall – sichtbar gemacht*, Heidelberg u. a. 1974 (engl. Erstausg. *Seeing Sound*, New York 1971).
— *The Creative Engineer. The Art of Inventing*, New York 1978.

Kock, Winston E., und Floyd K. Harvey, Refracting Sound Waves, in: *The Journal of the Acoustical Society of America*, 21 (1949), Nr. 5, S. 278–281.

Koolhaas, Rem, *Delirious New York. A Retroactive Manifesto of Manhattan*, New York 1978.

Kopec, John W., *The Sabines at Riverbank. Their Role in the Science of Architectural Acoustics*, Woodbury, NY 1997.

Kopp, Max, und Peter Meyer, Zur Diskussion über das Monumentale, in: *Schweizerische Bauzeitung*, 109 (1937), Nr. 7, S. 117–118.

Kranig, Andreas, Arbeitnehmer, Arbeitsbeziehungen und Sozialpolitik unter dem Nationalsozialismus, in: Karl Dietrich Bracher, Manfred Funke und Hans-Adolf Jacobsen (Hg.), *Deutschland 1933–1945. Neue Studien zur nationalsozialistischen Herrschaft*, Bonn 1993, S. 135–152.

Krausse, Joachim, und Claude Lichtenstein (Hg.), *Your Private Sky. R. Buckminster Fuller. Design als Kunst einer Wissenschaft*, Ausst.-Kat. Museum für Gestaltung Zürich, Baden 1999.

Krehl, Peter, und Stephan Engemann, August Toepler: «Er sah als erster den Schall», in: Christoph Hoffmann und Peter Berz (Hg.), *Über Schall. Ernst Machs und Peter Salchers Geschoßfotografien*, Göttingen 2001, S. 199–223.

Krohn, Carsten, Das Haus als Stadt. Zur Wirkungsgeschichte der Unité d'habitation, in: Alban Janson und Carsten Krohn, *Le Corbusier – Unité d'habitation, Marseille*, Stuttgart 2007, S. 6–17.

Kuert, Willy, The Founding of ISO. «Things Are Going the Right Way!», in: ISO Central Sécretariat (Hg.), *Friendship Among Equals. Recollections from ISO's First Fifty Years*, Genf 1997, S. 13–22.

Kuhl, Walter, Über Versuche zur Ermittlung der günstigsten Nachhallzeit großer Musikstudios, in: *Acustica*, 4 (1954), Beiheft Nr. 2, S. 618–634.

Kursell, Julia, Experiments on Tone Color in Music and Acoustics: Helmholtz, Schoenberg, and *Klangfarbenmelodie*, in: *Osiris*, 28 (2013), Nr. 1, S. 191–211.

Latour, Bruno, *Science in Action. How to Follow Scientists and Engineers Through Society*, Cambridge, MA 1987.
— *The Pasteurization of France*, Cambridge, MA 1988.
— *Die Hoffnung der Pandora. Untersuchungen zur Wirklichkeit der Wissenschaft*, Frankfurt a. M. 2002 (engl. Erstausg. *Pandora's Hope. Essays on the Reality of Science Studies*, Cambridge, MA / London 1999).
— Gebt mir ein Laboratorium und ich werde die Welt aus den Angeln heben, in: Andréa Belliger und David J. Krieger (Hg.), *ANThology. Ein einführendes Handbuch zur Akteur-Netzwerk-Theorie*, Bielefeld 2006, S. 103–134 (engl. Orig.: Give Me a Laboratory and I Will Raise the World, in: Karin D. Knorr-Centina und Michael J. Mulkay [Hg.], *Science Observed. Perspectives on the Social Study of Science*, Beverly Hills, CA 1983, S. 141–170).
— *Elend der Kritik. Vom Krieg um Fakten zu Dingen von Belang*, übers. von Heinz Jatho, Zürich / Berlin 2007 (engl. Orig.: Why Has Critique Run out of Steam? From Matters of Fact to Matters of Concern, in: *Critical Inquiry*, 30 [2004], Nr. 2, S. 225–248).
— *Wir sind nie modern gewesen. Versuch einer symmetrischen Anthropologie*, Frankfurt a. M. 2008 (franz. Erstausg. *Nous n'avons jamais été modernes*, Paris 1991).

Lauber, Anselm, Die Schallabsorption von Zimmerpflanzen, in: *Schweizerische Bauzeitung*, 71 (1953), Nr. 19, S. 277–278.

Lauffer, Ines, *Poetik des Privatraums. Der architektonische Wohndiskurs in den Romanen der Neuen Sachlichkeit*, Bielefeld 2011.

Le Corbusier, Acoustique: une conquête de la technique moderne, in: *L'Intransigeant*, 15. Oktober 1927, S. 1.
— *Une Maison – Un Palais. Á la recherche d'une unité architecturale*, Paris 1928 (Collection de l'Esprit nouveau).
— La Salle Pleyel. Une preuve de l'évolution architecturale, in: *Cahiers d'Art*, 3 (1928), Nr. 2, S. 89–90.
— *Précisions. Sur un état présent de l'architecture et de l'urbanisme*, Paris 1930 (Collection de l'Esprit nouveau).
— *Quand les cathédrales étaient blanches. Voyage au pays des timides*, Paris 1937.
— *Unité d'habitation à Marseille de Le Corbusier*, Paris 1947 (Sonderausgabe von *L'Homme et l'architecture*).
— Das moderne Wohnhochhaus. Le Corbusier baut in Marseille einen Wohnblock mit 316 Wohnungen und für maximal 1791 Bewohner, in: *Bau. Zeitschrift. wohnen, arbeiten, sich erholen* 1 (1947/1948), Nr. 3, S. 33–55.
— Das elektronische Gedicht, in: ders., *Le Pòeme électronique. Das elektronische Gedicht*, dt. Kat.-Ausgabe, hg. von der Firma Philips, verwirklicht von der Centrale Graphique unter Leitung von Jean Petit, Brüssel 1958, ohne Paginierung.
— *Feststellungen zu Architektur und Städtebau*, Berlin / Frankfurt a. M. / Wien 1964 (*Bauwelt Fundamente* 12; franz. Erstausgabe *Précisions. Sur un état présent de l'architecture et de l'urbanisme*, Paris 1930).
— *Unité d'habitation, Marseille-Michelet*, New York 1983.
— *1922 – Ausblick auf eine Architektur*, 3., unveränd. Nachdruck der 4. Aufl. 1982, Basel / Gütersloh 2001 (*Bauwelt Fundamente* 2; franz. Erstausgabe *Vers une architecture*, Paris 1923; dt. Erstausgabe *Kommende Baukunst*, Stuttgart 1926).

Le Corbusier und Pierre Jeanneret, Internationaler Wettbewerb für das Völkerbund-Gebäude in Genf, in: *Schweizerische Bauzeitung*, 90 (1927), Nr. 2, S. 13–20 (Nachdruck des französischen Erläuterungstexts zum Wettbewerb mit einer deutschen, nicht signierten Einleitung der SBZ-Redaktion).

Lea, Frederick M., *Science and Building. A History of the Building Research Station*, London 1971.

Lennig, Petra, *Von der Metaphysik zur Psychophysik. Gustav Theodor Fechner (1801–1887). Eine ergobiographische Studie*, Frankfurt a. M. u. a. 1994.

Lessing, Theodor, *Der Lärm. Eine Kampfschrift gegen die Geräusche des Lebens*, Wiesbaden 1908.

Lessing, Theodor (Hg.), *Der Anti-Rüpel. Anti-Rowdy. Recht auf Stille. Monatsblätter zum Kampf gegen Lärm, Roheit und Unkultur im deutschen Wirtschafts-, Handels- und Verkehrsleben. Organ des deutschen Antilärm-Vereins (Lärmschutzverband)*, 1 (1908/1909), Nr. 1.

Literatur: Die Schalltechnik, in: *Schweizerische Bauzeitung*, 91 (1928), Nr. 13, S. 168.

Loghem, Johannes Bernardus van, *bouwen, bauen, bâtir, building. holland. nieuwe zakelijkheid, neues bauen, vers une architecture réelle, built to live in*, Amsterdam 1932.

Loos, Adolf, Das Mysterium der Akustik, in: *Der Merker. Österreichische Zeitschrift für Musik und Theater*, 3 (1912), Nr. 1, S. 9–10. – Leicht abweichender Wiederabdruck u. a. in: ders., *Trotzdem. Gesammelte Schriften 1900–1930*, unveränderter Nachdruck der Erstauflage von 1931, hg. von Adolf Opel, Wien 1997, S. 116–117.
— Die Gurrelieder – Die letzten Kompositionen, in: *Musikblätter des Anbruch*, 6 (1924), Nr. 7–8: *Arnold Schönberg zum 50. Geburtstage*, S. 271–272.

Lootsma, Bart, Een ode van Philips aan de vooruitgang. Het paviljoen van Le Corbusier, Xenakis en Varèse op de Brusselse wereldtentoonstelling, in *Wonen TABK*, Nr. 2 (1984), S. 10–31 (für eine kürzere dt. Fassung: Poème électronique: Le Corbusier, Xenakis, Varèse, in: Badischer Kunstverein, Andreas Vowinckel und Thomas Kesseler [Hg.], *Le Corbusier – Synthèse des Arts. Aspekte des Spätwerks 1945–1965*, Ausst.-Kat. Badischer Kunstverein Karlsruhe, Berlin 1986, S. 111–147).

Löwenstein, Leo, Die Erfindung der Schallmessung, in: *Die Schalltechnik*, 1 (1928), Nr. 2, S. 21–24.

Lugez, Jean, *La Préfabrication lourde en panneaux et le bâtiment d'habitation*, Paris 1973.

Lynch, Kevin, *The Image of the City*, Cambridge, MA 1960.
— *City Sense and City Design. Writings and Projects of Kevin Lynch*, hg. von Tridib Banerjee und Michael Southworth, Cambridge, MA 1990.

Lyon, Gustave, *L'Acoustique architecturale (avec l'annexe: L'Aération moderne des salles)*, Paris 1932.
— *L'Acoustique cinématographique*, Paris 1932.

Maack, Jürgen, und Thomas Möck, Trittschallschutz, in: Nabil A. Fouad (Hg.), *Bauphysik-Kalender 2009*, Berlin 2009, S. 304–316.

Martin, Reinhold, *The Organizational Complex. Architecture, Media and Corporate Space*, Cambridge MA / London 2003.

Martin, W. H., DeciBel – The New Name for the Transmission Unit, in: *Bell System Technical Journal* 8 (1929), Nr. 1, S. 1–2.

Massard-Guilbaud, Geneviève, *Histoire de la pollution industrielle France, 1789–1914*, Paris 2010.

McLuhan, Marshall, Five Sovereign Fingers Taxed the Breath, in: ders. und Edmund Carpenter (Hg.), *Explorations in Communication. An Anthology*, Beacon Hill 1960, S. 207–208.

McQuaid, Matilda, *Envisioning Architecture. Drawings From The Museum of Modern Art*, eingel. von Terence Riley, Ausst.-Kat. Royal Academy of Arts, London, und Museum of Modern Art, New York 2002.

Meglitsch, Christina, *Wiens vergessene Konzertsäle. Der Mythos der Säle Bösendorfer, Ehrbar und Streicher*, Bern u. a. 2005.

Meili, Marcel, Vorfabrikation – Entwerfen, in: *werk, bauen und wohnen*, 72 (1985), Nr. 11, S. 50–51.

Meister, Anna-Maria, *From Form to Norm. Systems and Values in German Design* circa 1922, 1936,1953, Diss. Princeton University 2018.

Meyenburg, K. von, Le concours pour l'édification d'un palais de la Société des Nations à Genève, in: *Das Werk*, 14 (1927), Nr. 7, S. 223–226.

Meyer, Erwin, Reverberation and Absorption of Sound, in: *The Journal of the Acoustical Society of America*, 7 (January 1937), Nr. 3, S. 155–161.
— *Electro-Acoustics*, London 1939.
— 100 Jahre Elektroakustik, in: Johannes Wosnik (Hg.) *Elektroakustik II*, Wiesbaden 1962 (*Nachrichtentechnische Fachberichte* 26), S. 1–6.

Meyer, Erwin, und Lothar Cremer, Über die Hörsamkeit holzausgekleideter Räume, in: *Zeitschrift für technische Physik*, 14 (1933), Nr. 11, S. 500–507.

Meyer, Erwin, Gerhard Buchmann und Arnold Schoch, Eine neue Schallschluckanordnung hoher Wirksamkeit und der Bau eines schallgedämpften Raumes, in: *Akustische Zeitschrift*, 5 (1940), Nr. 6, S. 352–364.

Meyer, Erwin, Wolfgang Burgtorf und Peter Damaske, Eine Apparatur zur elektroakustischen Nachbildung von Schallfeldern. Subjektive Hörwirkungen beim Übergang Kohärenz – Inkohärenz, in: *Acustica*, 15 (1965), Suppl. 1, S. 339–344.

Meyer, Hannes, Die Neue Welt, in: *Das Werk*, 13 (1926), Nr. 7, S. 205–224.
— Bauen, in: *bauhaus*, 2 (1928), Nr. 2, S. 12–13.

Meyer, Hannes, und Hans Wittwer, ein völkerbundgebäude für genf – 1927, in: *bauhaus*, 1 (1927), Nr. 4, S. 6; online abrufbar unter https://monoskop.org/images/f/f7/Bauhaus_1-4_1927.pdf (zuletzt abgerufen am 1. Juli 2018).

Meyer, Peter, Zum Ergebnis des Wettbewerbs für das Völkerbund-Gebäude in Genf, in: *Schweizerische Bauzeitung*, 90 (1927), Nr. 8, S. 104–107.
— Vom Völkerbund-Gebäude in Genf, in: *Schweizerische Bauzeitung*, 90 (1927), Nr. 14, S. 180–181.
— Diskussion um Le Corbusier, in: *Das Werk*, 21 (1934), Nr. 9, S. 257–272.
— Zur Architektur des Schweizer Kongressgebäudes, in: *Schweizerische Bauzeitung*, 109 (1937), Nr. 7, S. 80–82.

Michel, Eugen, *Hörsamkeit großer Räume*, Braunschweig 1921.
— *Akustik und Schallschutz im Hochbau*, Berlin / Leipzig 1938.

Mieszkowski, Sylvia, und Sigrid Nieberle, «No purposes. Sounds.» Periodische Klänge und nicht-periodische Geräusche aus kulturwissenschaftlicher Perspektive, in: Sylvia Mieszkowski und Sigrid Nieberle (Hg.), *Unlaute. Noise / Geräusch in Kultur, Medien und Wissenschaften seit 1900*, Bielefeld 2017, S. 11–33.

Miller, Dayton Clarence, *The Science of Musical Sounds*, New York 1922.
— *Anecdotal History of the Science of Sound to the Beginning of the 20th Century*, New York 1935.
— *Sound Waves. Their Shape and Speed*, New York 1937.

Molinaro, Matie, Corinne McLuhan und William Toye (Hg.), *Letters of Marshall McLuhan*, Toronto / New York 1987.

Moos, Stanislaus von, *Le Corbusier. Elemente einer Synthese*, Frauenfeld 1968.

Morat, Daniel, *Von der Tat zur Gelassenheit. Konservatives Denken bei Martin Heidegger, Ernst Jünger und Friedrich Georg Jünger 1920–1960*, Göttingen 2007.

Moravánszky, Ákos, Verheimlichte Räume. Adolf Loos und die Ästhetik der Maskierung, in: ders., Bernhard Langer und Elli Mosayebi (Hg.), *Adolf Loos. Die Kultivierung der Architektur*, Zürich 2008, S. 60–64.

Morton, David, The History Of Audio & Sound Recording, 1998–2017, www.recording-history.org (abgerufen am 1. Juli 2018).

Morton, David J., *Sound Recording. The Life Story of a Technology*, Baltimore, MD 2006.

Mumford, Eric, *The CIAM Discourse on Urbanism, 1928–1960*, Cambridge, MA 2000.

Munby, Alan E., American Research on Acoustics, in: *Nature*, 110 (1922), Nr. 2765, S. 575–577.

Munch, Anders V., *Der stillose Stil. Adolf Loos*, München 2004 (dän. Erstausgabe *Den stilløse Stil – Adolf Loos*, Kopenhagen 2012).

Naredi-Rainer, Paul von, *Architektur und Harmonie. Zahl, Maß und Proportion in der abendländischen Baukunst*, 7. überarb. Aufl., Köln 2001 (Erstausgabe Köln 1982).
— Gefrorene Musik – Flüssige Architektur. Facetten eines komplizierten Verhältnisses, in: Sigrid Brandt und Andrea Gottdang (Hg.), *Rhythmus. Harmonie. Proportion. Zum Verhältnis von Architektur und Musik*, Worms 2012, S. 15–19.

Nationalsozialistischer Bund Deutscher Technik – Reichsgemeinschaft der technisch-wissenschaftlichen Arbeit, Kampf dem Lärm! Zur Reichswoche ohne Lärm, vom 6. bis 12. Mai 1935, in: *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, 79 (1935), Nr. 18, S. 531.

Nekrologe – Franz Max Osswald, in: *Schweizerische Bauzeitung*, 123 (1944), Nr. 122, S. 266.

Neuhaus, Max, LISTEN, 1988/1990/2004, http://www.max-neuhaus.info/soundworks/vectors/walks/LISTEN/LISTEN.pdf (abgerufen am 1. Juli 2018).

Neue amerikanische Versuche, in: *Die Schalltechnik*, 1 (1928), Nr. 1, S. 13–14.

Die Neue Architektur. Zum Buch von Arch. Alfred Roth, Zürich, in: *Schweizerische Bauzeitung*, 114 (1939), Nr. 25, S. 292–297.

*neue bauwelt*, 3 (1948), Nr. 39: *Meinungen zur Maßordnung – Ein Bericht und eine Umfrage*.

Newhouse, Victoria, *Wallace K. Harrison, Architect*, New York 1989.
— *Site and Sound. The Architecture and Acoustics of New Opera Houses and Concert Halls*, New York 2012.

Nicolai, Bernd, *Moderne und Exil. Deutschsprachige Architekten in der Türkei 1925–1955*, Berlin 1998.

Noell, Matthias, *Im Laboratorium der Moderne. Das Atelierwohnhaus von Theo van Doesburg in Meudon. Architektur zwischen Abstraktion und Rhetorik*, Zürich 2011.

Oechslin, Werner, Les Cinq Points d'une Architecture Nouvelle, in: *Assemblage*, 4 (1987), S. 82–93.

Oechslin, Werner (Hg.), *Le Corbusier & Pierre Jeanneret: Das Wettbewerbsprojekt für den Völkerbundspalast in Genf 1927. À la recherche d'une unité architecturale*, Zürich 1988.

Oechslin, Werner, *Stilhülse und Kern. Otto Wagner, Adolf Loos und der evolutionäre Weg zur modernen Architektur*, Zürich 1994.

Oechslin, Werner (Hg.), *Hochschulstadt Zürich. Bauten für die ETH 1855–2005*, Zürich 2005.

Orcutt, William Dana, *Wallace Clement Sabine. A Study in Achievement*, Norwood, MA 1933.

Osman, Michael, *Modernism's Visible Hand. Architecture and Regulation in America*, Minneapolis 2018.

Osswald, Franz Max, Die Akustik in Sälen, insbesondere im Hauptsaal des Kirchgemeindehauses Enge, Zürich, in: *Das Werk*, 12 (1925), Nr. 5, S. 4.

[Osswald, Franz Max], Neuerungen beim Zürcher Studio, in: *Radio-Programm*, 3 (1926), Nr. 30, S. 527–529.

Osswald, Franz Max, Zum Problem der Akustik im grossen Versammlungs-Saal des Völkerbund-Gebäudes in Genf, in: *Schweizerische Bauzeitung*, 90 (1927), Nr. 5, S. 59–66.
— The Acoustics of the Large Assembly Hall of the League of Nations, at Geneva, Switzerland, in: *The American Architect*, 134 (1928), Nr. 2559, S. 833–842.
— *Schall und Raum. Antrittsrede an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich*, 29. Juni 1929, Zürich 1929.

— Akustisch hochwertige Parabelsäle, in: *Schweizerische Bauzeitung*, 95 (1930), Nr. 4, S. 47–51.
— Akustischer Konzert- und Vortragsaal mit veränderlichem Volumen, in: *Schweizerische Bauzeitung*, 96 (1930), Nr. 18, S. 224–225; Sonderdruck desselben (mit sechs statt vier fotografischen Modellbildern illustriert).
— Schallfragen beim Bauen, in: Paul Haller (Hg.), *Physik des Backsteins*, Zürich 1933, S. 30–41.
— Method for Measuring Sound Isolation, in Particular of Impact Sound, in: *The Journal of the Acoustical Society of America*, 7 (1936), Nr. 4, S. 261–264.
— Raumakustik in geometrischer Betrachtung (Anwendung der Ultraschallwellenfotografie), in: *Zeitschrift für technische Physik*, 17 (1936), Nr. 12, S. 561–563.
— Zur akustischen Gestaltung von Grossräumen, in: *Schweizerische Bauzeitung*, 110 (1937), Nr. 10, S. 66–70.
— Decibel, Phon – Dauerton und Stärkstimpulse, in: *Schweizerische Bauzeitung*, 111 (1938), Nr. 9, S. 99–100.
— Institut für angewandte Akustik an der E.T.H., in: *Schweizerische Bauzeitung*, 111 (1938), Nr. 14, S. 162–163.
— Bau-Akustik. Historische und allgemeine Einführung [Einführungsvortrag auf der Veranstaltung des SIA «Schallfragen im Bauwesen» vom 3. bis 5. März 1938 an der ETH Zürich], in: *Das Werk*, 26 (1939), Nr. 1, S. 26–32.

Pallas, Jean-Claude, *Histoire et architecture du Palais des Nations (1924–2001): l'Art déco au service des relations internationales*, Genf 2001.

Pallett, D. S., T. W. Bartel und C. R. Voorhees, Recent Reverberation Room Qualification Studies at the National Bureau of Standards, in: *Noise Control Engineering*, 7 (1976), Nr. 2, S. 71–80.

Paquette, David, und Andra McCartney, Soundwalking and the Bodily Exploration of Places, in: *Canadian Journal of Communication*, 37 (2012), Nr. 1, S. 135–145.

Pascha, Khaled Saleh, *«Gefrorene Musik». Das Verhältnis von Architektur und Musik in der ästhetischen Theorie*, Diss. Technische Universität Berlin 2004, https://depositonce.tu-berlin.de/bitstream/11303/1333/1/Dokument_43.pdf (abgerufen am 1. Juli 2018).

Payer, Peter, Vom Geräusch zum Lärm. Zur Geschichte des Hörens im 19. und frühen 20. Jahrhundert, in: Wolfram Aichinger, Franz X. Eder und Claudia Leitner (Hg.), *Sinne und Erfahrung in der Geschichte*, Innsbruck u. a. 2003, S. 173–191.
— The Age of Noise, Early Reactions in Vienna, 1870–1914, in: *Journal of Urban History*, 33 (2007), Nr. 5, S. 773–793.
— Es ist Zeit, dass wir auf Abwehr sinnen! Lärmschutz im frühen 20. Jahrhundert, in: Gerhard Paul und Ralph Schock (Hg.), *Sound der Zeit. Geräusche, Töne, Stimmen – 1889 bis heute*, Göttingen 2014, S. 59–65.
— Straße, in: Daniel Morat und Hansjakob Ziemer (Hg.), *Handbuch Sound. Geschichte – Begriffe – Ansätze*, Stuttgart / Weimar 2018, S. 313–317.

Pearson, Christopher, Le Corbusier and the Acoustical Trope. An Investigation of Its Origins, in: *The Journal of the Society of Architectural Historians*, 56 (1997), Nr. 2, S. 168–183.

Pély-Audan, Annick, *André Wogenscky*, Paris 1993.

Pestalozzi, E., Schallschutz im Hochbau, in: *Schweizerische Bauzeitung*, 111 (1938), Nr. 9, S. 108–110.

Pfeifer, Wolfgang, und Wilhelm Braun, *Etymologisches Wörterbuch des Deutschen*, hg. vom Zentralinstitut für Sprachwissenschaft, Berlin, 2. durchges. und erg. Aufl., München 1995.

Pfeiffer, Walter, S.I.A.-Kurs «Schallfragen im Bauwesen», in: *Schweizerische Bauzeitung*, 111 (1938), Nr. 17, S. 219–223.

Plümecke, Karl, Die Verwendung von Bitumen zu Dämmstoffen gegen Schall und Erschütterung, in: *Bitumen*, 2 (1932), Nr. 9, S. 173–179.

Poesch, Janina, Poème électronique von Le Corbusier, in: Anna Müller und Frauke Möhlmann (Hg.), *Neue Ausstellungsgestaltung 1900–2000*, Stuttgart 2014, S. 148–155.

Ponte, Alessandra, Journey to the North of Quebec: Understanding (McLuhan's) Media, in: *AA Files*, Nr. 63 (2012), S. 46–55.

Porcello, Thomas, Three Contributions to the «Sonic Turn» [Book Review], in: *Current Musicology*, 42 (2007), Nr. 85, S. 153–166.

Posener, Julius, Kritik der Kritik des Funktionalismus, in: *Arch+*, 7 (1975), Nr. 27, S. 11–18. – Erweiterte Fassung unter dem gleichen Titel in: *werk – archithese*, 64 (1977), Nr. 3, S. 16–22.

Potthoff, Jürgen, und Ingobert C. Schmid, *Wunibald I. E. Kamm: Wegbereiter der modernen Kraftfahrtechnik*, Berlin / Heidelberg 2012.

Pritschow, Günter, *Vergleichshammerwerk*, Studienarbeit, betreut durch Matthias Hubert, Institut für Technische Akustik, Technische Universität Berlin 1964.

Prouvé, Jean, *Cours du CNAM, 1957–1970. Essai de reconstitution du cours à partir des archives Jean Prouvé*, hg. von Jean-François Archieri und Jean-Pierre Levasseur, Sprimont 1990.
— *Jean Prouvé. Œuvre complète*, hg. von Peter Sulzer, Bd. 3: 1944–1954, Basel 1995.

Quinan, Jack, Frank Lloyd Wright's Intuitive Sound Modernity, in: *The Journal of Architecture*, 23 (2018), Special Issue: *Sound Modernities. Histories of Media and Modern Architecture*, hg. von Sabine von Fischer und Olga Touloumi, S. 961–985.

Quincerot, Richard, Schlachtfeld Völkerbundpalast. Eine Chronologie der Ereignisse um den Internationalen Architekturwettbewerb für den Völkerbundpalast in Genf, 1923–1927, in: Werner Oechslin (Hg.), *Le Corbusier & Pierre Jeanneret: Das Wettbewerbsprojekt für den Völkerbundspalast in Genf 1927. À la recherche d'une unité architecturale*, Zurich 1988, S. 54–71.

R. W., Schalldämpfung im Siedlungsbau, in: *Die Schalltechnik*, 1 (1928), Nr. 2, S. 35.

Radkau, Joachim, *Technik in Deutschland. Vom 18. Jahrhundert bis zur Gegenwart*, Frankfurt a. M. 1989.

Reiher, Hermann, *Ueber den Schallschutz durch Baukonstruktionsteile*, Berlin / München 1932 (*Gesundheits-Ingenieur*, Beihefte, Reihe 2, 11).
— Methoden zur Messung von Schall und Erschütterungen, in: *Methoden zur Untersuchung der Sinnesorgane*, Teil 2: *Gehörsinn, Hautsinne, Kraftsinne, Geschmack- und Geruchssinn, statischer Sinn, Stimme und Sprache*, Berlin / Wien 1937, S. 1931–2015.

Rheinberger, Hans-Jörg, Experimentalsysteme, Epistemische Dinge, Experimentalkulturen. Zu einer Epistemologie des Experiments, in: *Deutsche Zeitschrift für Philosophie*, 42 (1994), Nr. 3, S. 405–417.
— Über Serendipität – Forschen und Finden, in: Gottfried Boehm u. a. (Hg.), *Imagination. Suchen und Finden*, Paderborn 2014, S. 233–243. – Geringfügig überarbeitete Fassung von ders., Wissenschaft und Experiment, in: Nina Zschokke und Anne von der Heiden (Hg.), *Autorität des Wissens*, Zürich / Berlin 2012, S. 123–132.

Riegl, Alois, Der moderne Denkmalkultus, sein Wesen und seine Entstehung (1903; Auszug), in: Ákos Moravánszky (Hg.), *Architekturtheorie im 20. Jahrhundert. Eine kritische Anthologie*, Wien / New York 2003, S. 402–405.

Rittel, Horst W. J., und Melvin M. Webber, Dilemmas in a General Theory of Planning, in: *Policy Sciences*, 4 (1973), Nr. 2, S. 155–169.

Ritter, John, World Parliament. The League of Nations Competition, 1926, in: *Architectural Review*, 136 (Juli 1964), S. 17–23.

Roberts, Royston M., *Serendipity. Accidental Discoveries in Science*, New York 1989.

Rodenstein, Marianne, und Stefan Böhm-Ott, Gesunde Wohnungen und Wohnungen für gesunde Deutsche. Der Einfluß der Hygiene auf Wohnungs- und Städtebau in der Weimarer Republik und im «Dritten Reich», in: Gert Kähler (Hg.) *Geschichte des Wohnens*, Bd. 4: *1918–1945. Reform, Reaktion, Zerstörung*, Stuttgart 1996, S. 453–555.

Roth, Alfred, *Zwei Wohnhäuser von Le Corbusier und Pierre Jeanneret. Fünf Punkte zu einer neuen Architektur von Le Corbusier und Pierre Jeanneret*, Stuttgart / Zürich, 1991 (erweiterter Nachdruck der Erstausgabe von 1927).

[Roth, Alfred], Technische Voraussetzungen für ein freies, ruhiges Wohnen, in: *Neue Zürcher Zeitung*, 23. Juli 1936.

Roth, Alfred, *Die Neue Architektur, 1930–1940 (dargestellt an 20 Beispielen)*, Zürich 1975 (unveränderter Nachdruck der Erstausgabe Zürich 1940).

Roth, Alfred, und Emil Roth (Mitarbeit Marcel Breuer), Zwei Mehrfamilienhäuser im Doldertal, in: *Werk*, 23 (1936), Nr. 9, S. 285–290.

Roth, Ueli, Meyer-von Gonzenbach, Rolf, in: Historische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (Hg.), *Neue Deutsche Biographie*, Bd. 17: *Melander – Moller*, Berlin 1994, S. 380–381, http://www.deutsche-biographie.de/ppn140116028.html (abgerufen am 1. Juli 2018).

Rüegg, Arthur, *Die Doldertalhäuser 1932–1936. Ein Hauptwerk des Neuen Bauens in Zürich*, Publikation anlässlich der Ausstellung im Architekturfoyer ETH-Hönggerberg, Zürich 1996.

Rüegg, Arthur (Hg.), *La Cellule de Le Corbusier. L'Unité d'habitation de Marseille*, Paris 2015.

Rüegg, Arthur, und Reto Gadola (Hg.), *Kongresshaus Zürich 1937–1939. Moderne Raumkultur*, Zürich 2007.

Rukschcio, Burkhardt, und Roland Schachel, *Adolf Loos. Leben und Werk*, Salzburg / Wien 1982.

Rüsch, Hans, *Schallschutz*, Zürich 1944.

Russell, John S., Elementary Considerations of Some Principles in the Construction of Buildings Designed to Accommodate Spectators and Auditors, in: *The Edinburgh New Philosophical Journal*, 27 (1839), S. 131–137.

Russell, John S., On the Application of Our Knowledge of the Laws of Sound to the Construction of Buildings, in: *Report of the Thirteenth Meeting of the British Association for the Advancement of Science Held at Cork in August 1843*, London 1844, S. 96–98.

Russolo, Luigi, *Die Geräuschkunst 1913–1931*, Ausst.-Kat. Museum Bochum, Bochum 1985.

Ryan, Deborah S., *The Ideal Home Through the 20th Century: Daily Mail Ideal Home Exhibition*, London 1997.

Sabine, Hale, *Less Noise, Better Hearing*, Chicago, 1941.

Sabine, Paul E., The Wallace Clement Sabine Laboratory of Acoustics, Geneva, Ill., in: *The American Architect*, 116 (1919), Nr. 2275, S. 133–138.
— Transmission of Sound by Walls, in: *The Journal of the Acoustical Society of America*, 1 (1930), Nr. 2A, S. 181–201.
— *Acoustics and Architecture*, New York / London 1932.

Sabine, Wallace C., Architectural Acoustics, in: *The American Architect and Building News*, 62, Nr. 1196 (26. November 1898), S. 71–73.
— Architectural Acoustics I, in: *The American Architect and Building News*, 68, Nr. 1267 (7. April 1900), S. 3–5.
— Architectural Acoustics II, in: *The American Architect and Building News*, 68, Nr. 1269 (21. April 1900), S. 19–22.
— Architectural Acoustics III, in: *The American Architect and Building News*, 68, Nr. 1271 (5. Mai 1900), S. 35–37.
— Architectural Acoustics IV, in: *The American Architect and Building News*, 68, Nr. 1272 (12. Mai 1900), S. 43–45.
— Architectural Acoustics V, in: *The American Architect and Building News*, 68, Nr. 1274 (26. Mai 1900), S. 59–61.
— Architectural Acoustics VI, in: *The American Architect and Building News*, 68, Nr. 1276 (9. Juni 1900), S. 75–76 und S. 83–84.
— Architectural Acoustics VII, in: *The American Architect and Building News*, 68, Nr. 1277 (16. Juni 1900), S. 83–84.
— Theatre Acoustics, in: *The American Architect*, 104 (1913), Nr. 1984, S. 256–278. – Wiederabgedruckt in: W. C. Sabine 1922, S. 163–197.
— Architectural Acoustics, in: *The Journal of the Franklin Institute*, 179 (1915), Nr. 1, S. 1–20. – Wiederabgedruckt in: W. C. Sabine 1922, S. 219–236.
— *Collected Papers on Acoustics*, Cambridge, MA 1922.

Safran, Yehuda, «The Thinking Reed». Arnold Schoenberg and Adolf Loos, in: *9H*, No. 6 (1983), S. 59–63.

Safran, Yehuda (Hg.), *Adold Loos: Our Contemporary / Unser Zeitgenosse / Nosso Contemporâneo*, New York 2012.

Samuel, Flora, *Le Corbusier in Detail*, Amsterdam 2007.

Sbriglio, Jacques, *Le Corbusier – L'Unité d'habitation à Marseille, et les autres unités d'habitation à Rezé-les-Nantes, Berlin, Briey en Forêt et Firminy*, hg. von der Fondation Le Corbusier, Basel 2004.

Schafer, R. Murray, *The New Soundscape. A Handbook for the Modern Music Teacher*, Don Mills, ON 1969.
— *The Tuning of the World*, New York 1977.
— *Klang und Krach. Eine Kulturgeschichte des Hörens*, übers. von Kurt Simon und Eberhard Rathgeb, hg. von Heiner Boehncke, Frankfurt a. M. 1988 (engl. Originalausg. *The Tuning of the World*, New York 1977).
— *The Soundscape. Our Sonic Environment and the Tuning of the World*, Rochester, VT 1994 (Neuaufl. der Ausgabe 1977).
— *Die Ordnung der Klänge. Eine Kulturgeschichte des Hörens*, übers. von Sabine Breitsameter, Mainz 2010 (engl. Originalausg. *The Tuning of the World*, New York 1977).

Schallschutz im Hochbau, Bericht über einen Vortrag von W. Pfeiffer, in: *Schweizerische Bauzeitung*, 109 (1937), Nr. 6, S. 68–69.

Schallschutz im Hochbau, in: *Zentralblatt der Bauverwaltung vereinigt mit Zeitschrift für Bauwesen mit Nachrichten der Reichs- und Staatsbehörden*, 64 (1944), S. 102–103 (Ankündigung der DIN 4109 per Runderlass des Reichsarbeitsministeriums vom 18. April 1944).

Scharoun, Hans, *Bauten, Entwürfe, Texte*, hg. von Peter Pfankuch, Berlin 1974.

Scheerbart, Paul, *Glasarchitektur*, München 1971 (Erstausg. Berlin 1914).

Schmid, Charles E., und Elaine Moran, Short History of the Society's First Seventy Five Years, o. J., https://acousticalsociety.org/wp-content/uploads/2018/01/ASA_history_75_years.pdf (abgerufen am 1. Juli 2018).

Schmidgen, Henning, Über Maschinen und Organismen bei Canguilhem, in: Georges Canguilhem, *Wissenschaft, Technik, Leben. Beiträge zur historischen Epistemologie*, hg. und mit einem Nachwort von Henning Schmidgen, Berlin 2006, S. 157–178.
— Silence in the Laboratory. The History of Soundproof Rooms, in: Julia Kursell (Hg.), *Sounds of Science – Schall im Labor (1800–1930)*, Berlin 2008 (*Preprint* 346), S. 47–62, https://www.mpiwg-berlin.mpg.de/Preprints/P346.PDF (abgerufen am 1. Juli 2018).

Schneider, Manfred, *Transparenztraum. Literatur, Politik, Medien und das Unmögliche*, Berlin 2013.

Schnell, Dieter, *Bleiben wir sachlich! Deutschschweizer Architekturdiskurs 1919–1939 im Spiegel der Fachzeitschriften*, Basel 2005.

Schoch, Arnold, *Die physikalischen und technischen Grundlagen der Schalldämmung im Bauwesen*, Leipzig 1937.

Schrage, Dominik, *Psychotechnik und Radiophonie. Subjektkonstruktionen in artifiziellen Wirklichkeiten, 1918–1932*, München 2001.

Schulz, Dorothea E., Soundscape, in: David Morgan (Hg.), *Key Words in Religion, Media, and Culture*, New York 2008, S. 172–186.

Schumacher, Beatrice, und Thomas Busset, «Der Experte»: Aufstieg einer Figur der Wahrheit und des Wissens, in: *Traverse*, 8 (2001), Nr. 2, S. 15–20.

Schwartz, Hillel, *Making Noise. From Babel to the Big Bang and Beyond*, New York / Cambridge, MA 2011.
— On Noise, in: Mark M. Smith (Hg.), *Hearing History. A Reader*, Athens, GA / London 2004, S. 51–53.

Scripture, Edward W., *Thinking, Feeling, Doing*, Meadville, PA 1895.

Serres, Michel, *Hermes IV. Verteilung*, übers. von Michael Bischoff, hg. von Günther Rösch, Berlin 1993 (franz. Erstausg. *Hermès IV. La Distribution*, Paris 1977).

Simmel, Georg, *Die Großstädte und das Geistesleben* [1903], in: ders., *Gesamtausgabe*, hg. von Otthein Rammstedt, Bd. 7: *Aufsätze und Abhandlungen 1901–1908. Band 1*, hg. von Rüdiger Kramme u. a., Frankfurt a. M. 1995, S. 116–131.

Siry, Joseph M., *The Chicago Auditorium Building. Adler and Sullivan's Architecture and the City*, Chicago 2002.

Slaton, Amy, und Janet Abbate, The Hidden Lives of Standards. Technical Prescriptions and the Transformation of Work in America, in: Michael Thad Allen und Gabrielle Hecht (Hg.), *Technologies of Power*, Cambridge, MA 2001, S. 95–143.

Sloterdijk, Peter, Technologie und Weltmanagement, in: ders., *Medien-Zeit. Drei gegenwartsdiagnostische Versuche*, Stuttgart 1993, S. 67–105.
— *Sphären I: Blasen. Mikrosphärologie*, Frankfurt a. M. 1998.
— *Sphären III: Schäume. Plurale Sphärologie*, Frankfurt a. M. 2004.

Small, Christopher, *Musicking. The Meanings of Performing and Listening*, Hanover, NH 1998.

Smith, Mark M. (Hg.), *Hearing History. A Reader*, Athens, GA / London 2004.

Smith, Mark M., *Sensing the Past. Seeing, Hearing, Smelling, Tasting, and Touching in History*, Berkeley 2007.

Smithson, Alison, und Peter Smithson, *Changing the Art of Inhabitation*, London / Zürich, 1994.

Smyth, Fiona, Hope Bagenal – Pioneering Scientist and Sound Man, in: *The Irish Times*, 20. Juli 2015, www.irishtimes.com/opinion/letters/hope-bagenal-pioneering-scientist-and-sound-man-1.2288949 (abgerufen am 1. Juli 2018).

Snyder, Wilbert F., Interview with Kenneth Armstrong, 30. November 1982, Transkript, NIST Archives Oral History Collection, http://docs.exdat.com/docs/index-99605.html (abgerufen am 1. Juli 2018).

Sound Wave Patterns Photographed by Scientists of the Bell Laboratories, in: *195 Bulletin*, (1950), Nr. 8, S. 9.

Southworth, Michael Frank, *The Sonic Environment of Cities*, Master Thesis Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge, MA 1967.
— The Sonic Environment of Cities, in: *Environment and Behaviour*, 1 (1969), Nr. 1, S. 49–70.

Spandöck, Friedrich, Akustische Modellversuche, in: *Annalen der Physik*, 20 (1934), Nr. 4, S. 345–360.

Sparks, Stephen John, *Apartheid Modern: South Africa's Oil from Coal Project and the History of a South African Company Town*, Diss. University of Michigan 2012.

Sprung, Helga, und Lothar Sprung, Gustav Theodor Fechner als experimenteller Ästhetiker. Zur Entwicklung der Methodologie und Methodik einer Psychophysik höherer kognitiver Prozesse, in: Josef Brožek und Horst Gundlach (Hg.), *G. T. Fechner and Psychology*, Passau 1988, S. 217–227.

Stadelmann, Kurt, und Thomas Hengartner (Hg.), *Telemagie. 150 Jahre Telekommunikation in der Schweiz*, Zürich 2002.

Sterken, Sven, «New Media» and the Obsolescence of Architecture: Exhibition Pavilions by Le Corbusier, Xenakis, Stockhausen, and E. A. T, in: *Interiors*, 3 (2012), Nr. 1/2, S. 127–142.

Sterne, Jonathan, *The Audible Past. Cultural Origins of Sound Reproduction*, Durham, NC 2003.
— Sonic Imaginations, in: ders. (Hg.), *The Sound Studies Reader*, London 2012, S. 1–17.
— Soundscape, Landscape, Escape in: Karin Bijsterveld (Hg.), *Soundscapes of the Urban Past. Staged Sound as Mediated Cultural Heritage*, Bielefeld 2013, S. 181–194.
— The Stereophonic Spaces of Soundscape, in: Paul Théberge, Kyle Devine und Tom Everett (Hg.), *Living Stereo. Histories and Cultures of Multichannel Sound*, New York 2015, S. 65–83.

Stierli, Martino, *Las Vegas im Rückspiegel. Die Stadt in Theorie, Fotografie und Film*, Zürich 2010.

Stiglat, Klaus, *Bauingenieure und ihr Werk*, Berlin 2004.

Stoller, Ezra, *The United Nations*, New York 1999.

Sumi, Christian, *Immeuble Clarté Genf 1932 von Le Corbusier und Pierre Jeanneret*, Zürich 1989.

Tanner, Jakob, Die Schweiz in den 1950er Jahren. Prozesse, Brüche, Widersprüche, Ungleichzeitigkeiten, in: Jean-Daniel Blanc und Christine Luchsinger (Hg.), *Achtung: die 50er Jahre! Annäherungen an eine widersprüchliche Zeit*, Zürich 1994, S. 19–50.

Tazelaar, Kees, *On the Threshold of Beauty. Philips and the Origins of Electronic Music in the Netherlands, 1925–1965*, Rotterdam 2013.

Tergit, Gabriele, *Käsebier erobert den Kurfürstendamm*, Berlin 2004 (Erstausgabe Berlin 1931).

Tigerstedt, Robert, und Jakob Bergqvist, Zur Kenntnis der Apperceptionsdauer zusammengesetzter Gesichtsvorstellungen, in: *Zeitschrift für Biologie*, 19 (1883), S. 5–44.

Teyssot, Georges, *Die Krankheit des Domizils. Wohnen und Wohnbau 1800–1930*, Braunschweig 1989.

Thoma, Alfred, Karl Willy Wagner zum 65. Geburtstag, in: *Archiv der elektrischen Übertragung*, 2 (1948), Nr. 4–5, S. 117–119.

Thoma, Ulrich, Auszug aus der unveröffentlichten Biographie meines Vaters Dr. phil. Alfred Thoma, Berlin 2009. www.ulrichthoma.de/alfredthoma (abgerufen am 1. Juli 2018).

Thompson, Emily, *«Mysteries of the Acoustic». Architectural Acoustics in America, 1800–1932*, Ph.D. Princeton University 1992.
— Dead Rooms and Live Wires. Harvard, Hollywood, and the Deconstruction of Architectural Acoustics, 1900–1930, in: *Isis*, 88 (1997), Nr. 4, S. 597–626.
— Listening to / for Modernity. Architectural Acoustics and the Development of Modern Spaces in America, in: Peter Galison und Emily Thompson (Hg.), *The Architecture of Science*, Cambridge, MA 1999, S. 253–280.
— *The Soundscape of Modernity. Architectural Acoustics and the Culture of Listening in America, 1900–1933*, Cambridge, MA 2002.

Thompson, Emily, und Scott, Mahoy, The Roaring 'Twenties. An Interactive Exploration of the Historical Soundscape of New York City, 2013ff., http://vectorsdev.usc.edu/NYCsound/777b.html (abgerufen am 1. Juli 2018).

Tkaczyk, Viktoria, Listening in Circles. Spoken Drama and the Architects of Sound, 1750–1830, in: *Annals of Science*, 71 (2014), Nr. 3, S. 299–334.

Touloumi, Olga, *Architectures of Global Communication. Psychoacoustics, Acoustic Space, and the Total Environment, 1941–1970*, Diss. Harvard University 2014.
— Contentious Electronics / Radical Blips, in: Esther Choi und Marrikka Trotter (Hg.), *Architecture Is All Over*, New York 2017, S. 160–175.

Treib, Marc, *Space Calculated in Seconds. The Philips Pavilion, Le Corbusier, Edgar Varèse*, Princeton 1996.

Trendelenburg, Ferdinand, Über Bau und Anwendung von Großlautsprechern, in: *Elektrotechnische Zeitschrift*, 48 (1927), Nr. 46, S. 1685–1691.

Tucker, Rexford S., Results of Noise Surveys, Part II. Noise in Buildings, in: *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2 (1930), Nr. 1, S. 59–65.

United Nations, *Report to the General Assembly of the United Nations by the Secretary-General on the Permanent Headquarters of the United Nations*, Lake Success, NY 1947.

Vossoughian, Nader, Standardization Reconsidered. *Normierung* in and after Ernst Neufert's *Bauentwurfslehre* (1936), in: *Grey Room*, Nr. 54 (Winter 2014), S. 35–55.

Vidler, Anthony, *The Architectural Uncanny. Essays in the Modern Unhomely*, Cambridge, MA / London 1992.

Vierhaus, Rudolf (Hg.), *Deutsche Biographische Enzyklopädie* (DBE), 10 Bde., 2., überarb. und erw. Ausgabe, München 2005–2008.

Vitruv, *Zehn Bücher über Architektur*, übers. und mit Anmerkungen von Curt Fensterbusch, 4. Aufl., Darmstadt 1987.

Voigt, Wolfgang, Vitruv der Moderne: Ernst Neufert, in: Walter Prigge (Hg.), *Ernst Neufert. Normierte Baukultur im 20. Jahrhundert*, Frankfurt a. M. 1999, S. 20–34.

Volmar, Axel, Auditiver Raum aus der Dose. Raumakustik, Tonstudiobau und Hallgeräte im 20. Jahrhundert, in: Daniel Gethmann (Hg.), *Klangmaschinen zwischen Experiment und Medientechnik*, Bielefeld 2010, S. 153–174.

Wagner, Karl Willy, *Das lärmfreie Wohnhaus*, hg. vom Fachausschuß für Lärmminderung beim Verein Deutscher Ingenieure (VDI), Berlin 1934.
— Fortschritte in der Geräuschforschung und Lärmabwehr, in: *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, 79 (1935), Nr. 18, S. 531–541.

Waller, Mary Désirée, *Chladni Figures. A Study in Symmetry*, London 1961.

Waterfall, Wallace, History of the Acoustical Society of America, in: *The Journal of the Acoustical Society of America*, 1 (1929), Nr. 1, S. 5–6.

Watson, Floyd Rowe, *Acoustics of Buildings, Including Acoustics of Auditoriums and Soundproofing of Rooms*, New York 1923.

Wedler, Bernhard, Der Übergang der Zulassung neuer Baustoffe und Bauarten auf das Reich und die Neubearbeitung der Technischen Bestimmungen für Zulassung neuer Bauweisen (DIN 4110), Beilage zum Heft vom 10. August 1938, in: *Zentralblatt der Bauverwaltung vereinigt mit Zeitschrift für Bauwesen*, 58 (1938), Nr. 32, S. 875–879.
— *Das Haus nach Normen*, Berlin 1951 (*Bautechnische Merkhefte* 3).
— Vorwort, in: Helmut Brandt, Lothar Cremer, Karl Gösele und Theodor Kristen, *Schallschutz*, Stuttgart 1952 (*Fortschritte und Forschungen im Bauwesen*, Reihe D, *Berichte des Beirats für Bauforschung beim Bundesminister für Wohnungsbau* 2), S. 3–4.
— Entwicklung der technischen Baubestimmungen in den Jahren 1956 bis 1957, in: *Bauwelt*, 48 (1957), Nr. 38, S. 1–11.
— Es gibt keine Entschuldigung, in: Bundesminister für Wohnungsbau (Hg.), *Baut ruhige Wohnungen*, Bad Godesberg 1957, S. 2–6.
— *Berechnungsgrundlagen für Bauten*, 23. bericht. und erg. Aufl., Berlin 1959.
— Vorwort, in: Albrecht Eisenberg, *Luftschall – Trittschall – Körperschall. Untersuchungen und Versuche durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung*, Berlin 1964 (*Berichte aus der Bauforschung* 35), o. S.

Wedler, Bernhard, und Alfred Hummel, *Trümmerverwertung. Technische Möglichkeiten und wirtschaftliche Bedeutung.* 2. Aufl., Berlin 1947.

Weidmann, Ruedi, Handlungsspielräume bei der Realisierung einer neuen Bauform. Die Letzigraben-Hochhäuser von A. H. Steiner 1950–1952, in: Werner Oechslin (Hg.), *Albert Heinrich Steiner. Architekt – Städtebauer – Lehrer*, Zürich 2001, S. 72–107.

Welsch, Wolfgang, Auf dem Weg zu einer Kultur des Hörens?, in: Arnica-Verena Langenmaier (Hg.), *Der Klang der Dinge. Akustik – eine Aufgabe des Design*, München 1993, S. 86–111.

Wengenroth, Ulrich, Die Flucht in den Käfig. Wissenschafts- und Innovationskultur in Deutschland 1900–1960, in: Rüdiger vom Bruch und Brigitte Kaderas (Hg.), *Wissenschaften und Wissenschaftspolitik. Bestandsaufnahmen zu Formationen, Brüchen und Kontinuitäten im Deutschland des 20. Jahrhunderts*, Stuttgart 2002, S. 52–59.

Weström, Hilde, Die Technologie des ruhigen Wohnens [Vortrag in München vom 19. November 1957], in: Teppich-Gemeinschaft (Hg.), *I. und II. Diskussionsforum schöner wohnen*, [München] 1959, S. 14–16.

Wettbewerb des Völkerbundes in Genf / II. Bericht, in: *Wasmuths Monatshefte für Baukunst*, 11 (1937), Nr. 10, S. 419–423.

Wigley, Mark, *Buckminster Fuller Inc. Architecture in the Age of Radio*, Zürich 2016.

Williams, D. Carlton, Acoustic Space, in: *Explorations*, Nr. 4 (Februar 1955), S. 15–20.

Windover, Michael, Transmitting Nation: «Bordering» and the Architecture of the CBC in the 1930s, in: *Journal of the Society for the Study of Architecture in Canada*, 36 (2011), Nr. 2, S. 5–12.
— Building Radio Publics in Post-war Canada, in: *The Journal of Architecture*, 23 (2018), Special Issue: *Sound Modernities. Histories of Media and Modern Architecture*, hg. von Sabine von Fischer und Olga Touloumi, S. 1046–1074.

Winkler, Justin, *Klanglandschaften. Untersuchungen zur Konstitution der klanglichen Umwelt in der Wahrnehmungskultur ländlicher Orte*, Habil.-Schrift Universität Basel, 1996.
— Zur Einführung: Gehen als widerständige Alltagspraxis, in: ders. (Hg.), *«Gehen in der Stadt». Ein Lesebuch zur Poetik und Rhetorik des städtischen Gehens*, Weimar 2017, S. 11–16.

Wirksame Maßnahmen gegen die Hellhörigkeit von Gebäuden, in: *Die Schalltechnik*, 1 (1928), Nr. 1, S. 19.

Wisniewski, Edgar, *Die Berliner Philharmonie und ihr Kammermusiksaal. Der Konzertsaal als Zentralraum*, Berlin 1993.

Xenakis, Iannis, *Musique de l'architecture. Textes, réalisations et projets architecturaux*, hg. von Sharon Kanach, Marseille 2006.

Yusaf, Shundana, *Broadcasting Buildings. Architecture on the Wireless, 1927–1945*, Cambridge, MA 2014.
— The Porous Shells of Radiophony, or Towards an Theory of Radio Stations, in: *The Journal of Architecture*, 23 (2018), Special Issue: *Sound Modernities. Histories of Media and Modern Architecture*, hg. von Sabine von Fischer und Olga Touloumi, S. 1075–1092.

Zardini, Mirko (Hg.), *Sense of the City. An Alternate Approach to Urbanism*, Canadian Centre for Architecture / Centre canadien d'architecture, Montréal 2005.

Zeller, Werner, *Schrifttum zum Wohnlärm. Literaturzusammenstellungen aus dem Gebiet der technischen Mechanik und Akustik*, Berlin 1933.

Ziemer, Hansjakob, Modernizing Musical Spaces. Music Halls and Utopian Communities in Frankfurt am Main, 1900–1930, in: Rajesh Heynickx und Tom Avermaete (Hg.), *Making a New World. Architecture and Communities in Interwar Europe*, Leuven 2012, S. 155–166.

Zwaardemaker, Hendrik, The Camera Silenta of the Physiological Laboratory at Utrecht, in: *KNAW, Proceedings 12 (1909–1910)*, Amsterdam 1910, S. 706–710.

Zwicker, Eberhard, *Psychoakustik*, Berlin 1982.

Zwicker, Eberhard, und Richard Feldtkeller, *Das Ohr als Nachrichtenempfänger*, 2., neubearb. Aufl., Stuttgart 1967 (*Monographien der elektrischen Nachrichtentechnik* 19; Erstausgabe Stuttgart 1956).

# Abbildungsnachweis

Umschlag Roth 1975 [1940], S. 60

0.01 FWU Institut für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht, Grünwald

0.02 AIP Emilio Segrè Visual Archives

0.03 Privatarchiv Mendel Kleiner, Foto: Jakub Kirszenstein

0.04 Fuller 1966, S. 62

0.05 McLuhan 1967, o. S.

1.01 ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv / Foto: Photographisches Institut der ETH Zürich / PI_52-S-0025 / CC BY-SA 4.0 / doi.org/10.3932/ethz-a-000048721

1.02 ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv / Fotograf unbekannt / Dia_221-015 / doi.org/10.3932/ethz-a-000055308

1.03 *The Journal of the Acoustical Society of America*, 1929, 1, Nr. 1, Einband

1.04 *Die Schalltechnik*, 1928, 1, Nr. 1, Einband

1.05 *Akustische Zeitschrift*, 1936, 1, Nr. 1, Einband

1.06, 1.07 Osswald, Institut für angewandte Akustik, 1938, S. 162

1.08 ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv / Fotograf unbekannt / Dia_221-013 / doi.org/10.3932/ethz-a-000055302

1.09 Miller 1916, o. S.

1.10 ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv / Foto: Franz Max Osswald / Ans_10391-100 / doi.org/10.3932/ethz-a-000986440

1.11 ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv / Foto: Franz Max Osswald / Ans_10391-011 / doi.org/10.3932/ethz-a-000986437

1.12 Sabine 1922, S. 274

1.13 ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv / Nachlass Franz Max Osswald, Institut für Angewandte Akustik, Forschungsmaterialien, Fotoalbum

1.14 ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv / Foto: Franz Max Osswald / Ans_10391-034 / doi.org/10.3932/ethz-a-000986423

1.15 Sabine 1922, S. 245

1.16 Sabine, Architectural Acoustics II, 1900, S. 21

1.17, 1.19 Munby 1922, S. 575–576

1.18 Sabine 1932, S. 100

1.20, 1.22 Chrisler 1930, S. 176, S. 178

1.21 Sabine 1930, S. 187

1.23 AIP Emilio Segrè Visual Archives

1.24 Tucker 1930, S. 63

1.25 Wagner 1934, S. 5

1.26, 1.27 Frei 1935, S. 34, S. 79–82

1.28 Kaye 1936, S. 173

1.29, 1.30 Janovsky / Spandöck 1937, S. 325, S. 323

1.31, 1.41, 1.42, 1.43, 1.44, 1.45 Archiv der Abteilung Akustik, Empa, AkuBer 0687–0732

1.32, 1.33, 1.34, 1.35, 1.36 E. Meyer / Buchmann / Schoch 1940, S. 357–361.

1.37, 1.38, 1.40 Beranek / Sleeper / Moots 1945 (im Nachlass von Willi Furrer)

1.39 Collection of Historical Scientific Instruments, Harvard University, Waywiser Collection Nr. 2005-1-0014

1.46 Aschoff 1964, S. 23

1.47 Privatarchiv Dieter Guicking, publiziert in: Guicking 2012

2.01 Der Ausschnitt 1962, S. 193

2.02 *Das Werk* 1930, S. XIII

2.03, 2.05, 2.06 Wagner 1934, S. 7, S. 30, S. 86–87

2.04 gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Hannes Meyer

2.07 Wagner 1935, S. 531

2.08 *neue bauwelt* 1948, S. 614

2.09 Bundesminister für Wohnungsbau 1957, Einband

2.10 Rüsch 1944, S. 9

3.01, 3.18 ETH-Bibliothek Zürich, Hochschularchiv / Nachlass Rolf Meyer-von Gonzenbach, Nachschrift der Vorlesung von Franz Max Osswald, Wintersemester 1932/33

3.02 Wagner 1934, S. 25

3.03 Chrisler / Snyder, Transmission of Sound, 1929, nach S. 550

3.04 Schoch 1937, S. 104

3.05 Brüel / Zaveri, Acoustics and Instruments II, 2008, S. 16

3.06 Beranek 1949, S. 886

3.07 Brüel & Kjær, Titelseite der Gebrauchsanweisung für Hammerwerk Typ 3202

3.08 Bürck 1960, S. 105

3.09 Gösele 1951, S. 3

3.10 Gösele 1959, S. 19

3.11 Achenbach 1970, S. 18

3.12 Archivaufnahme GEWOBAG, Berlin

3.13 Privatarchiv Michael Bienert, Berlin

3.14, 3.15 Courtesy Brigitte und Lutz Heider, Berlin; Foto: Bruno Heider / Privatarchiv Michael Bienert

3.16 Gastell 1936, S. 33

3.17 *Die Schalltechnik*, 1929, o. S.

3.19, 3.20, 3.21 Archiv der Abteilung Akustik, Empa, AkuBer 0732, C1 (Schriften von Franz Max Osswald)

3.22 Bobran 1976, S. 69

3.23 Bundesminister für Wohnungsbau 1957, S. 3

3.24, 3.25 Foto: Sabine von Fischer, Zürich

3.26 Courtesy, The Estate of R. Buckminster Fuller

3.27 gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Alfred Roth / Foto: Dr. Lossen & Co., Stuttgart-Feuerbach

3.28 Baugeschichtliches Archiv der Stadt Zürich / Foto: Hans Staub

3.29, 3.30, 3.32 gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Alfred Roth

3.31 Roth 1975 [1940], S. 60

3.33, 3.34 Centre Pompidou, MNAM-CCI Bibliothèque Kandinsky, Dist. RMN-Grand Palais / Fonds Prouvé / © 2019, ProLitteris, Zürich

3.35 Fondation Le Corbusier, Paris / © 2019, ProLitteris, Zürich

3.36 Dörhöfer 2000, S. 32

3.37 Das verborgene Museum, Berlin / Foto: Arthur Köster – Fotowerkstatt für Architektur und Industrie / © 2019, ProLitteris, Zürich

4.01, 4.20, 4.21 Fokker 1930, S. 75; Tafel I und II nach S. 76 (Archives du musée Teyler, série 3, vol. 7)

4.02 gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Karl Moser

4.03 Stiftung Bauhaus Dessau / © (Meyer, Hannes) Erbengemeinschaft nach Hannes Meyer / © (Wittwer, Hans) Wittwer, Sandra

4.04 gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Hans Wittwer

4.05, 4.06 gta Archiv / ETH Zürich, Völkerbundwettbewerb / Fondation Le Corbusier, Paris / © 2019, ProLitteris, Zürich

4.07, 4.08 Osswald 1927, S. 60–61

4.09, 4.10 Osswald 1928, S. 836–837

4.11 Osswald 1927, S. 62

4.12 Osswald 1928, S. 842

4.13, 4.14, 4.15 Osswald, Akustisch hochwertige Parabelsäle, 1930, S. 47, S. 49, S. 51

4.16 Giedion, Wer baut das Völkerbundgebäude?, 1927, S. 1097

4.17, 4.18 Osswald, Akustischer Konzert- und Vortragsaal, 1930, S. 224–225 (im Sonderdruck mit zusätzlichen Abbildungen)

4.19 Archiv der Abteilung Akustik, Empa, Dübendorf, Nachlass Franz Max Osswald (ohne Signatur)

4.22 Osswald 1939, S. 28

4.23, 4.24, 4.25 Osswald 1937, S. 68–69

4.26 Loghem 1932, S. 104

4.27 Michel 1921, Tafel XI

4.28 Michel 1938, S. 50

4.29 gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Haefeli Moser Steiger / Foto: Swissair-Photo A.-G. Zürich

4.30, 4.31, 4.32 gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Haefeli Moser Steiger

4.33 gta Archiv / ETH Zürich, Nachlass Haefeli Moser Steiger / Foto: Michael Wolgensinger

4.34 Osswald 1926, S. 528

4.35, 4.36 Archiv der Empa, Dübendorf, Nachlass Willi Furrer

4.37, 4.38 United Nations 1947, S. 33–34

4.39 Carnegie Collection, New York

4.40, 4.41 Sammlung des Centre Canadien d’Architecture / Canadian Centre for Architecture, Montréal

4.42, 4.43 Bibliothek des Centre Canadien d’Architecture / Canadian Centre for Architecture, Montréal, Nachlass Robert Smithson / Foto: Council of Industrial Design

5.01, 5.21, 5.22 Courtesy Sylvia Neuhaus, Nachlass Max Neuhaus

5.02 Privatarchiv Michael Nießen (heute Bibliothek und Sammlung der Gesellschaft der Musikfreunde in Wien)

5.03, 5.04 E. Meyer 1939, Tafel II zwischen S. 26 und S. 27; Tafel V zwischen S. 44 und S. 45

5.05 Miller 1937, Abbildung vor dem Innentitel des Buchs

5.06 zit. nach Forsyth 1985, S. 237

5.07 Waller 1961, S. 5

5.08 AT&T Archives Warren, NJ / Photograph 86-300110 / PHO-0173-000525

5.09, 5.10, 5.11 Beranek 1962, S. 534, S. 530, S. 472–473

5.12 Fitch 1972, Einband

5.13 *Le poème* électronique 1958, o. S. / Fondation Le Corbusier, Paris / © 2019, ProLitteris, Zürich

5.14 Archives famille Xenakis, Paris

5.15, 5.18, 5.19 Philips Company Archives, Eindhoven

5.16, 5.17 Fondation Le Corbusier, Paris / © 2019, ProLitteris, Zürich

5.20 Marshall McLuhan, *Counterblast*, designed by Harley Parker, Harcourt, Brace & World Inc., New York 1969, o. S.

5.23 Augoyard 1979, S. 53

5.24 Lynch 1960, Einband

5.25, 5.26, 5.27, 5.28, 5.29, 5.30, 5.31 Courtesy Michael Southworth, University of California at Berkeley

# Personenregister

**T**



**V**



**W**



**X**



**Z**

# Dank

Ich danke allen, die über die vielen Jahre des Denkens und Schreibens an diesem Buch zugehört, diskutiert und mitgelesen haben. Die Projektförderung des Schweizerischen Nationalfonds (SNF) ermöglichte von 2008 bis 2011 den Übergang von der Idee zur ernsthaften Arbeit an meiner Dissertation. Begleitet haben diese Laurent Stalder, David Gugerli und Kurt Eggenschwiler. Nicht zuletzt ihrem Zuspruch verdanke ich es, dass das Projekt in der jetzigen Tiefe vorliegt.

Meinem Lektor Rainer Rutz danke ich für die vertieften Einsichten in die deutsche Geschichte und für das aufmerksame und präzise Lektorat, das gemeinsam mit dem Engagement von Veronika Darius, Sandra Rumiz, Ulla Bein und Philippe Mouthon vom gta Verlag diesem Buch zu seiner hier publizierten Form verholfen haben. Die Produktion des gedruckten Buchs und der Open-Access-Digitalausgabe wurde durch den SNF, das Departement Architektur der ETH Zürich (D-ARCH), das Bundesamt für Umwelt / Abteilung Lärm und NIS (BAFU), die Schweizerische Gesellschaft für Akustik (SGA), die Anlagestiftung Pensimo und die Stiftung Sigfried Giedion Zürich finanziell unterstützt.

Forschungsaufenthalte am Centre Canadien d'Architecture / Canadian Center for Architecture in Montréal (CCA, Doktorandenstipendium) und am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte in Berlin (MPIWG, Postdocstipendium, Research Group «Epistemes of Modern Acoustics» unter der Leitung von Viktoria Tkaczyk) haben die Ideen weiter reifen lassen. Zu erwähnen ist auch ein gemeinsam mit Olga Touloumi konzipiertes Panel im Rahmen des Kongresses der Society of Architectural Historians (SAH) in Chicago im Frühjahr 2015 und ein Workshop am MPIWG im Sommer 2016, die zu der fast zeitgleich mit diesem Buch erscheinenden Sondernummer von *The Journal of Architecture* mit dem Titel «Sound Modernities» führten.

Für ihre Kritik und Denkanstösse über die Jahre hinweg danke ich auch Joachim Krausse, Mary McLeod, Ákos Moravánszky, Alessandra Ponte, Arthur Rüegg, Marie Theres Stauffer, Viktoria Tkaczyk, Philip Ursprung und vielen anderen. Geschätzte Kolleginnen und Kollegen haben mit aufmerksamer Gegenlektüre die Entwicklung dieses Buchs unterstützt, unter ihnen Carlotta Darò, Brenda Edgar, Beate Faßnacht, Kim Förster, Gregor Harbusch, Martina Hauser, Anne Kockelkorn, Bernd Kulawik, Trond Maag, Sabine Meier, Nadine Schütz, Kathrin Siebert, Olga Touloumi, Mechtild Widrich, Roland Wittje, Daniela Zetti und viele mehr. Unter den ausgewie-

senen Akustikexperten, auf deren Aufgeschlossenheit manches in dieser Arbeit zurückzuführen ist, seien Leo Beranek, Kurt Eggenschwiler, Joachim Feldmann, Kurt Heutschi, Robert Hofmann, Peter Költzsch, Harald Meierhofer, Eric Rathe, Jörg Storrer und Markus Studer genannt. Weiter geht mein Dank an Dorothea Furrer und Christina della Valle, die Töchter von Willi Furrer, die mit der Übergabe des Nachlasses ihres Vaters an die ETH Zürich wichtige Dokumente zugänglich machten. Neben zahlreichen Gesprächen haben auch Tonaufnahmen in verschiedenen Häusern meine Überlegungen bereichert. Besonders denkwürdig war hier ein Tag in der Maison de Verre in Paris, in die ich dank Bob Rubin hineinhören durfte. Wie andere Orte auch liess mich das Haus viel Untersuchenswürdiges entdecken, das in diesem Buch keinen Platz mehr fand.

Für die Hinweise und die Unterstützung bei der Benutzung von Archiven und Sammlungen danke ich Bruno Maurer, Daniel Weiss und Filine Wagner vom gta Archiv, Evelyn Boesch und Roland Lüthi vom Hochschularchiv der ETH Zürich und Nicole Graf vom Bildarchiv der ETH Zürich. Kurt Eggenschwiler half mir, das Archiv der Empa zu erkunden, Klaus Fischli führte mich vor deren Überführung ins gta Archiv in die Archivbestände des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein (SIA) ein. Joachim Feldmann, Walter Seidl und Roman Tschakert gaben mir Einblick in die Gerätesammlung des Instituts für Technische Akustik der Technischen Universität Berlin. Isabelle Godineau versorgte mich mit Dokumenten der Fondation Le Corbusier in Paris, Madeleine Burri mit den Verzeichnissen der Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe (PTT) in Bern. Renata Guttman ermöglichte mir die Nutzung von Bibliothek und Archiv des CCA, Keith Martin jene des US-amerikanischen National Institute of Standards and Technology (NIST) in Gaithersburg bei Washington, D. C., sowie George Kupczak und William D. Caughlin die der Sammlungen des AT&T Archives and History Center in Warren, New Jersey, und in San Antonio, Texas. Jörg Wildoer in Berlin, Michael Nießen in Wien und Michael Southworth in Berkeley stellten grosszügig Dokumente aus ihren Privatarchiven zur Verfügung.

Gewidmet ist dieses Buch meiner Familie: Chandrasekhar, der die Töne so verzaubert, dass sie durch Lautsprecherkuppeln mäandrieren; Corsin Srinivasan, der in der statischen Stille der Maison de Verre die fein geölte Mechanik kaum hörbar in Gang setzte; Isidor Narayanan, der zwischen jahrhundertealten Tessiner Steinmauern die Dielen quieken und knarren liess; und Dorothee und Beat, die immer offene Ohren haben.

*Lektorat*
Rainer Rutz

*Korrektorat*
Ulla Bein

*Konzept, Gestaltung und Satz*
Philippe Mouthon

*Schriften*
Kievit und Arnhem


gta Verlag, ETH Zürich,
Institut für Geschichte und Theorie der Architektur
Departement Architektur
8093 Zürich
www.verlag.gta.arch.ethz.ch



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.dnb.de abrufbar.

ISBN Buchausgabe: 978-3-85676-354-1
ISBN pdf: 978-3-85676-398-5

DOI: https://doi.org/10.3929/ethz-b-000321745



gta Verlag
ETH zürich

Die Reihe Architektonisches Wissen wird herausgegeben vom Departement Architektur und dem Institut für Geschichte und Theorie der Architektur (gta) der ETH Zürich

Dieser Band wurde publiziert mit Unterstützung des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung.

Weiterhin wurde er unterstützt vom Bundesamt für Umwelt BAFU, Abteilung Lärm und NIS, 3003 Bern, von der Schweizerischen Gesellschaft für Akustik SGA und der Stiftung Sigfried Giedion.